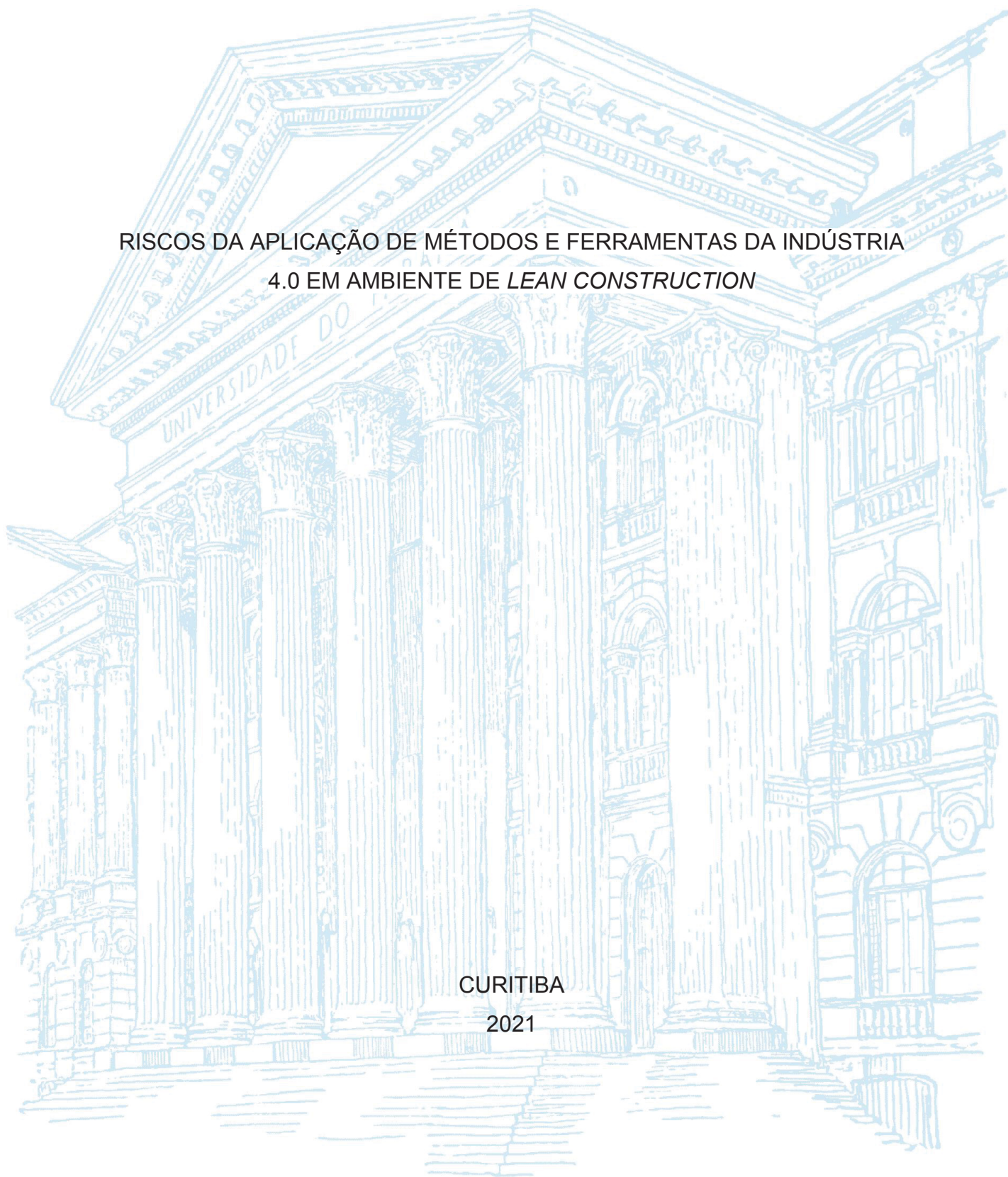


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ FELIPE SIMIONI DITZEL

RISCOS DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA
4.0 EM AMBIENTE DE *LEAN CONSTRUCTION*

CURITIBA
2021



LUIZ FELIPE SIMIONI DITZEL

RISCOS DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA
4.0 EM AMBIENTE DE *LEAN CONSTRUCTION*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Robson Seleme

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

D617r Ditzel, Luiz Felipe Simioni
Riscos da aplicação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de *lean construction* [recurso eletrônico] / Luiz Felipe Simioni Ditzel – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Robson Seleme

1. Produção enxuta. 2. Indústria 4.0. 3. Construção civil - ferramentas. I. Universidade Federal do Paraná. II. Seleme, Robson. III. Título.

CDD: 658.57

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LUIZ FELIPE SIMIONI DITZEL** intitulada: **RISCOS DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS E FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM AMBIENTE DE LEAN CONSTRUCTION.**, sob orientação do Prof. Dr. ROBSON SELEME, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Julho de 2021.

Assinatura Eletrônica
27/07/2021 17:31:35.0

ROBSON SELEME
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
04/08/2021 10:25:40.0

ARINEI CARLOS LINDBECK DA SILVA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
29/07/2021 08:27:39.0

FABIANO OSCAR DROZDA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
28/07/2021 08:50:03.0

FERNANDO DESCHAMPS
Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO
PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia ser concretizada sem o grande apoio de diversas pessoas.

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Robson Seleme, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante essa caminhada. Muito obrigado por me ter corrigido, pelas broncas necessárias, por acreditar em minhas ideias e sempre me motivar e auxiliar nas diversas dificuldades que houveram.

Agradeço a Nossa Senhora Perpétuo Socorro, por ter iluminado todo meu caminho e me abençoado por chegar até aqui.

Aos meus pais e meu irmão, que são os responsáveis pela pessoa e pelo profissional que me tornei, sempre me apoiando, cuidando e sendo meu porto seguro em todos os passos da minha vida, pessoal e profissional.

A minha esposa, pela ajuda, apoio incondicional, pelas noites em claro sempre ao meu lado, sempre ao meu lado e pelas incansáveis revisões ao longo da elaboração do trabalho.

Por fim, a todos os professores que me auxiliaram desde o início da caminhada, se tornando além de referências, amigos. Aos colegas e amigos do programa de mestrado e da vida acadêmica, por sempre mostrarem pontos de vista e ideias profissionais.

“Não é razoável supor que um professor de matemática
seja também um poeta? Ou que um engenheiro civil
seja um compositor de sinfonias?”

Frank Lloyd Wright

RESUMO

O cenário atual da construção civil se apresenta altamente competitivo e, com isso, os profissionais da área precisam destinar seus recursos de forma precisa, tendo sempre em vista o melhor aproveitamento dos mesmos. Problemas e desperdícios são recorrentes em obras na construção civil, muitas vezes devido a falhas no planejamento, gerenciamento e controle dos processos produtivos. Na busca de melhorias, estudos têm sido apresentados para uma nova forma de produzir a partir da implementação da Produção Enxuta no processo da construção civil. O objetivo desse trabalho é mapear os riscos da implantação de ferramentas e métodos da indústria 4.0 em ambiente de construção enxuta na construção, especificamente na construção de edifícios. Para atingir os objetivos a revisão sistemática da literatura foi realizada para uma análise e seleção do material adequado para auxílio da pesquisa, para corroborar os resultados uma *survey* foi realizada com profissionais da área de construção civil que atuam ou tenham atuado na construção de edifícios, e por fim foi realizada uma análise estatística para o tratamento dos dados obtidos. Como resultados, foram obtidos por meio da revisão de literatura os riscos mais recorrentes da aplicação da produção enxuta no âmbito industrial e das tecnologias da indústria 4.0, validando estes riscos para a construção civil de edifícios e proposta uma hierarquia para análise que aponta para o nível de implementação de cada risco.

Palavras-chave: indústria 4.0, produção enxuta, construção enxuta, riscos, métodos, ferramentas.

ABSTRACT

Nowadays the engineering construction demands a very competitiveness business and the specialists on this area required to allocate the resources with accuracy bearing in mind the maximum resources utilization. Issues and wastes are constantly on construction workplace due of mistakes in planning, managements or production process control. In the searching of Improvement, some studies show a new method of production after the lean construction implementation. This work object is to map the risks of the tooling and methods of the 4.0 industry implementation in a lean construction workstation, specifically in buildings. To achieve the objectives, a systematic literature review was carried out for an analysis and selection of the appropriate material to aid the research. A survey was carried out with professionals in the field of civil construction who work or have worked in the construction of buildings and, finally, a statistical analysis will be performed for the treatment of the data obtained. As a result, the most recurrent risks of the application of lean production in the industrial field and of industry 4.0 technologies were obtained through a literature review, validating these risks for the civil construction of buildings and proposing a hierarchy for analysis that indicates the level of implementation of each risk.

Keywords: industry 4.0. lean manufacturing, lean construction, risks, methods, tools

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Estrutura Metodológica | 8 |
| Figura 2 - Princípios da Manufatura Enxuta | 15 |
| Figura 3 - Estrutura conceitual da construção enxuta. | 16 |
| Figura 4 - Resumo dos riscos mapeados | 21 |
| Figura 5 - Resumo dos processos de avaliação de riscos | 31 |
| Figura 6 - Principais razões para adotar a Produção Enxuta | 34 |
| Figura 7 - Principais dificuldades para implantar a produção enxuta | 35 |
| Figura 8 - Características da pesquisa | 42 |
| Figura 9 - Etapas da pesquisa..... | 44 |
| Figura 10 - Etapas da revisão sistemática da literatura..... | 46 |
| Figura 11 - Resultado da pergunta do questionário. | 53 |
| Figura 12 - Resultado da pergunta do questionário. | 54 |
| Figura 13 - Resultado da pergunta do questionário. | 54 |
| Figura 14 - Resultado da pergunta do questionário. | 55 |
| Figura 15 - Resultado da pergunta do questionário. | 56 |
| Figura 16 – Fatores dos riscos graduados da implantação da indústria 4.0 no <i>Lean Construction</i> | 59 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2 - Riscos econômicos. | 23 |
| Tabela 3 - Riscos Sociais | 25 |
| Tabela 4 - Riscos ambientais | 27 |
| Tabela 5 - Riscos tecnológicos..... | 29 |
| Tabela 6 - Riscos para IPE..... | 33 |
| Tabela 7 - Termos de busca..... | 47 |
| Tabela 8 - Dados obtidos pelas pesquisas em cada base de dados..... | 48 |
| Tabela 9 - Riscos para implantação da produção enxuta. | 51 |
| Tabela 10 - Riscos da implantação da indústria 4.0..... | 52 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 4 |
| 1.2 OBJETIVOS | 5 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 6 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO | 6 |
| 1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... | 7 |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 9 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 10 |
| 2.1 PRODUÇÃO ENXUTA | 10 |
| 2.2 CONSTRUÇÃO ENXUTA | 12 |
| 2.3 INDÚSTRIA 4.0 | 16 |
| 2.4 FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 | 19 |
| 2.5 FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA | 30 |
| 2.6 CONSTRUÇÃO CIVIL | 35 |
| 2.7 FERRAMENTAS DA ESCALA LIKER E MENSURAÇÃO | 38 |
| 2.7.1 – Escala de Mensuração | 38 |
| 2.7.2 – Escala Likert..... | 39 |
| 3 METODOLOGIA | 41 |
| 3.1 CLASSIFICAÇÃO..... | 41 |
| 3.2 ETAPAS DA PESQUISA..... | 43 |
| 3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA | 45 |
| 3.4 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS | 48 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 50 |
| 4.1 RISCOS DA IMPLANTAÇÃO DO <i>LEAN CONSTRUCTION</i> | 50 |
| 4.2 RISCOS DA INDÚSTRIA 4.0 | 51 |
| 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 52 |
| 5 CONCLUSÕES | 61 |
| REFERÊNCIAS | 79 |

1 INTRODUÇÃO

A indústria mundial tem sofrido diversas evoluções ou mudanças que são denominadas de revoluções industriais. Atualmente estamos vivendo a quarta revolução industrial, também denominada de Indústria 4.0, a qual tem promovido a integração de sistemas, fundindo o real com o virtual e conectando sistemas digitais, físicos e biológicos, possibilitando a produção personalizada em massa (SCHWAB, 2016).

O conceito de revolução está diretamente ligado a evolução. Atribuindo esse conceito a indústria, obtemos o termo revolução industrial, que é definido como mudanças radicais e rápidas que elevam a produtividade e qualidade da indústria, através de novos métodos de produção e novas tecnologias que substituem os antigos. (DATHEIN, 2003)

Durante a história mundial já houveram três revoluções industriais, que antecederam a que estamos vivendo atualmente. A primeira revolução industrial se deu início com a invenção das máquinas a vapor (inicialmente para transporte e para as fábricas), a segunda revolução industrial ficou marcada com o uso prático da energia elétrica e por fim a terceira revolução industrial, se estabeleceu de maneira mais densa com a automação das máquinas. (RIBEIRO, 2019).

O termo indústria 4.0 representa a união de um conjunto de tecnologias que constroem e gerenciam um ambiente virtual integrado ao ambiente físico (real), buscando uma maior precisão para tomada de decisões, agilizando o processo, tanto por seres humanos quanto por máquinas. Por meio desses conceitos, as possibilidades de aplicação, tem tornado o tema amplamente explorado por profissionais e pesquisadores. (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Acatech (2013), indica que a objetivo principal da indústria 4.0 é que haja uma conexão total entre os ambientes virtuais/digitais e a produção convencional. Oferecendo produtos customizados de acordo com a necessidade dos clientes.

Segundo Müller (2018), apesar de promissoras, as implicações da indústria 4.0 são contraditórias, pois ao mesmo tempo em que possibilita novos modelos de negócio, mais eficientes e de mais qualidade, expõem as instituições a maior competitividade e desafios.

A indústria da construção civil sempre buscou a implantação da racionalização do trabalho, pautando seu controle sobre as premissas de Taylor para ter um maior controle sobre o trabalho. Contudo como Marx (1994) indica a produção brasileira no setor da construção civil continua sendo semi-artesanal, tornando a mão de obra no setor rotativa e dificultando treinamento para um método de trabalho.

Mesmo com alta rotatividade, a construção civil tem um amplo impacto na economia do Brasil. Seu macrossetor, que envolve toda a cadeia de atividades ligadas à construção, desde fornecedores até a manutenção final das obras, foi responsável em 2017 por empregar 2,2 milhões de trabalhadores com carteira assinada, gastando todo mês 5,2 bilhões em pagamento de salários e ainda outros 2 milhões de profissionais informais que recebem um total de 6,5 bilhões por mês (CBIC, 2017). Ainda segundo FIBRA (2017) essa geração de empregos gerou um impacto na economia de 6,2% do PIB.

Mais que isto, é a responsável pela elaboração da infra-estrutura para o Brasil, ao produzir indústrias, estradas, portos e hospitais, dentre outros. Ainda é possível afirmar que, para cada 100 empregos diretos gerados na construção civil, outros 285 postos de trabalho são abertos em atividades ligadas a este macro setor, de acordo com informações do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON/SP, 2004).

Estudos apontam que a baixa produtividade no setor da Construção Civil está diretamente ligada às deficiências no planejamento e no controle (CARDOSO, 2019). Nesse contexto, surgiu uma nova filosofia de pensamento que apresentou um grande impacto nas cadeias produtivas: a *lean production*. Até então aplicada somente no setor de manufatura, a produção enxuta surgiu para levar empresas a fazerem uma análise completa de todas as áreas envolvidas no processo produtivo, desde o desenvolvimento de produtos até a gestão de pessoas.

Devido a um tamanho reduzido da equipe e à falta de planejamento diário das atividades em obras de pequeno porte e curto prazo, os operários ficam responsáveis pela realização de diversas tarefas ao mesmo tempo, reduzindo sua produtividade e a eficiência do processo. Algumas consequências provenientes destes problemas são: o desperdício de tempo devido ao deslocamento para diferentes locais da obra; a falta de objetividade para a

realização da tarefa; o aumento dos ciclos de produção levando a uma redução do efeito aprendizagem na atividade, entre outras (SOUZA E SILVA E FELIZARDO, 2007).

Ainda assim, a complexidade para a implementação das técnicas, princípios e práticas enxutas, são ações que podem tornar o processo demorado e não alcançar os objetivos esperados inicialmente (Marodin, Saurin & Fettermann, 2014).

Ou seja, os métodos que deveriam auxiliar na gestão das dificuldades, para tornar o processo mais eficaz, acabam apenas definindo uma sequência adequada para implantar as práticas *lean*, ao invés de proporcionar ferramentas que auxiliem no gerenciamento da implementação da produção enxuta, antecipando as dificuldades. (RAMESH; KODALI, 2012)

Em função disso Marodin, Saurin & Fettermann, (2014), definem que a avaliação dos riscos da implementação da filosofia enxuta pode auxiliar na compreensão, prever dificuldades e a gerir as principais dificuldades, desta forma, diminuiu oscilações e aumenta as chances de sucesso dos processos.

Partindo do mesmo pressuposto da gestão de riscos para a implementação da produção enxuta, Soltovski (2020) apresenta um mapeamento onde obteve 28 riscos da implantação da indústria 4.0, onde dividiu os riscos em 4 dimensões separando em riscos econômicos, riscos sociais, riscos ambientais e riscos tecnológicos, tendo abaixo 11 subdimensões sendo elas financeira, planejamento, mercado, capital humano, sociedade, ética e legalidade, recursos naturais, controle de poluente, técnico, segurança de dados e gestão de dados. Assim o presente trabalho tem como objetivo responder a seguinte pergunta de pesquisa:

Quais são os fatores de risco da implementação dos métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de *Lean Construction*?

Para responder à pergunta de pesquisa foram estabelecidos objetivos, que são apresentados no item 1.2, e a importância da pesquisa junto com sua justificativa estão descritos no item 1.1

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção civil é responsável pela criação de postos de trabalho de forma direta e indireta e, portanto, tem um amplo impacto na economia de um país. No Brasil, a cadeia produtiva do setor da construção civil representa cerca de 7,3% do PIB do país, podendo ser considerada um dos principais agentes impulsionadores do desenvolvimento. (CBIC, 2019)

Apesar disso, de acordo com Pontes (2004), o setor da Construção Civil foi por muito tempo protegido das disputas diretas com empresas internacionais, de forma que as indústrias nacionais não se motivaram a desenvolver sistemas tecnológicos e de gestão a exemplo do que a concorrência externa proporcionava. Consequentemente, o setor apresentou um atraso em comparação aos países mais desenvolvidos, sendo alvo de críticas em decorrência dos altos custos para realização dos serviços, baixa produtividade, processos obsoletos, improdutivos e geradores de desperdícios.

Estudos apontam que a baixa produtividade no setor da Construção Civil está diretamente ligada às deficiências no planejamento e no controle (CARDOSO, 2020). Nesse contexto, surgiu uma nova filosofia de pensamento que apresentou um grande impacto nas cadeias produtivas, baseada na produção enxuta foi criada a construção enxuta, que é a aplicação e adaptação das técnicas da indústria dentro da construção civil. Até então aplicada somente no setor de manufatura, a produção enxuta surgiu para levar empresas a fazerem uma análise completa de todas as áreas envolvidas no processo produtivo, desde o desenvolvimento de produtos até a gestão de pessoas.

Com isso a indústria 4.0 segue o mesmo caminho, sendo aplicada inicialmente na indústria e em grandes empresas, gerando fatores de riscos em sua implantação. A relevância de tais fatores para a implantação irá impactar nas premissas e aplicações dentro da construção civil.

Segundo BALLÉ (2013) e LORENZON (2008), a indústria da construção está sob pressão para melhorias em suas práticas atuais, sendo algumas delas:

- Baixa produtividade;
- Demandas sociais;
- Altos níveis de desperdício;
- Imagem ruim;

Segundo Formoso et al. (2001), na indústria da construção a incorporação de informação no processo deve ser projetada cuidadosamente, pois o ambiente está em constante transformação.

A produtividade da mão-de-obra é um indicador de avanço tecnológico e de aumento da eficiência produtiva. Apesar dos avanços recentes, a produtividade brasileira na construção residencial ainda é muito baixa em comparação com outros países (35% da produtividade americana, por exemplo), (ABIKO et al, 2005):

No cenário atual, no qual o mercado apresenta-se cada vez mais competitivo, a mudança de paradigmas e a adoção dos princípios da produção enxuta são essenciais para que as empresas sobrevivam, obtenham lucros e até mesmo tenham perspectivas de conquistar vantagens competitivas (MIGUEL, 2010; OLIVEIRA, 2001).

Sendo assim, este trabalho contribui para discussões e análises da necessidade de compreender e aplicar os riscos da implantação da indústria 4.0 no âmbito da produção enxuta na construção civil, com o objetivo de auxiliar na implementação e facilitar o entendimento da tecnologia.

Na literatura em geral existem muitas pesquisas de forma individual que abordam os conceitos e tecnologias da indústria 4.0, da produção enxuta e da construção enxuta. Quando analisamos em campo teórico os riscos de implementação da indústria 4.0 de da produção enxuta no campo da indústria, foram poucos os resultados de maneira individual, por fim não foram identificadas em nossas pesquisas iniciais na literatura o estudo dos riscos para implantação da indústria 4.0 na construção civil. Sendo assim, a conclusão desta pesquisa permitirá que empresas e academia possam avaliar a possibilidade de implementação das novas tecnologias em *Lean Construction*.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho é pautado em um objetivo geral apresentado no item 1.2.1, seguido de objetivos específicos necessários para obtenção do objetivo geral proposto.

1.2.1 Objetivo geral

Identificar os fatores de riscos da implementação dos métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de *Lean Construction*, especificamente em edifícios.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar por meio de revisão de literatura as ferramentas da indústria 4.0 e técnicas enxutas (*lean*);
- Verificar quais técnicas/atividades da construção implicam na utilização das técnicas enxutas (*lean*);
- Identificar as características do *Lean Construction* da construção civil, especificamente em edifícios;
- Avaliar como as ferramentas da indústria 4.0 podem apoiar as características do *Lean Construction* para construção de edifícios;
- Avaliar os resultados obtidos e estabelecer os parâmetros para análise de riscos compreendendo os principais fatores de risco na implantação da indústria 4.0;
- Constatar possíveis dificuldades da implementação da indústria 4.0 no *Lean Construction* para construção de edifícios.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A pesquisa será realizada a partir de um estudo das principais dificuldades, problemas, riscos e impactos que ocorrem na implementação da produção enxuta e da indústria 4.0 na construção de habitações populares, relacionados principalmente à qualidade e tempo de execução dos serviços.

O ambiente de pesquisa foi realizado em empresas de construção civil, que constroem edifícios, tanto para instituições governamentais como COHAB e Cohapar, como particulares com objetivo de comercialização.

A região geográfica será em Curitiba, contudo as empresas estudadas podem possuir obras no interior, onde atualmente possui uma grande fatia do mercado.

Os métodos utilizados serão a análise de riscos da aplicação das tecnologias simulação, big data, realidade aumentada, internet das coisas, sistema de gestão integrados, manufatura aditiva, sistemas integrados e computação em nuvem, da indústria 4.0 num ambiente de produção enxuta de habitações populares.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para facilitar o entendimento dos procedimentos metodológicos utilizados para cumprir os objetivos deste trabalho, apresentamos na Figura 1 uma síntese resumida da estrutura do problema de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos, as ações para alcançá-los e por fim os resultados esperados das ações.

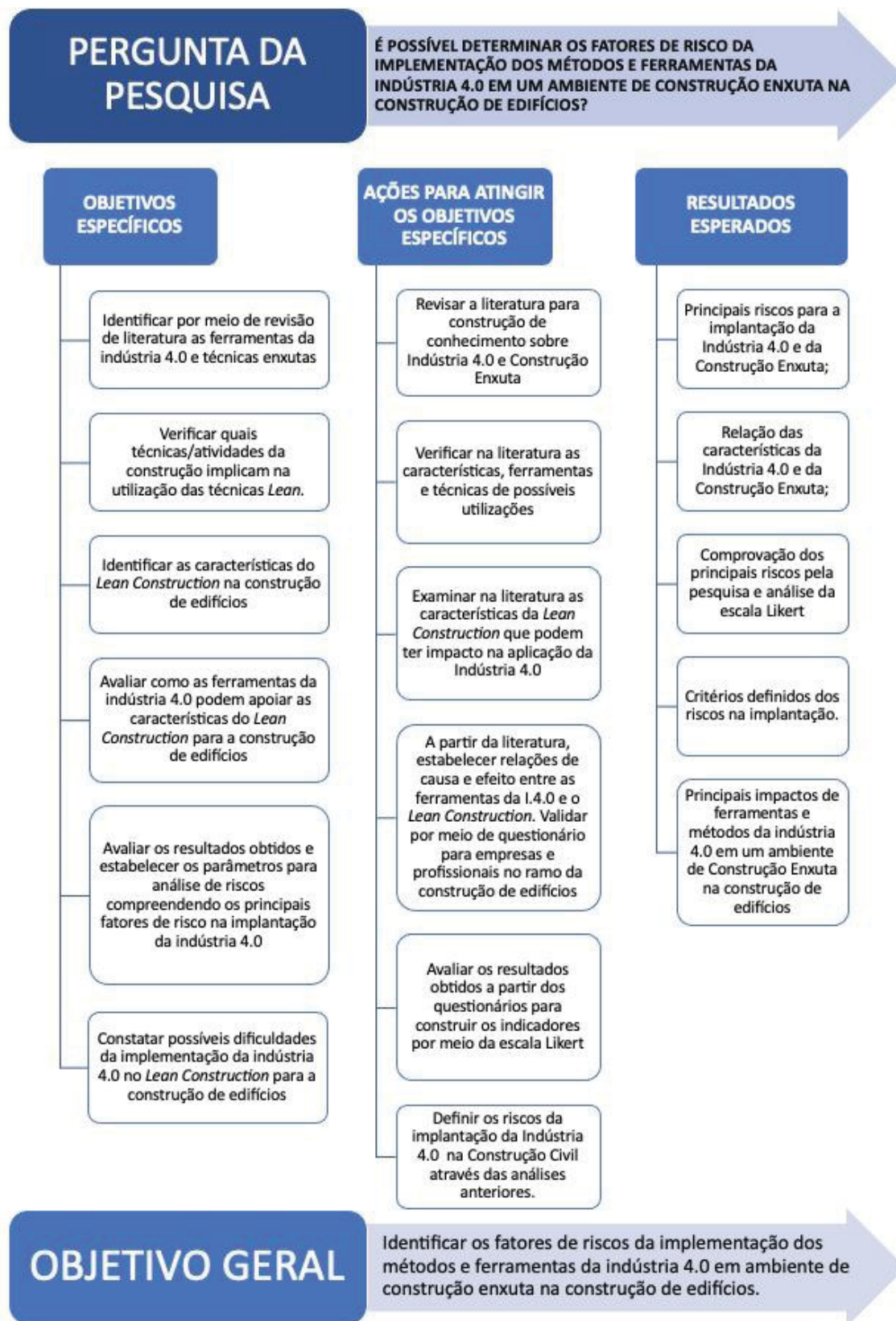


Figura 1 - Estrutura Metodológica
 FONTE: O Autor (2021).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente documento de pesquisa é uma dissertação que adota a seguinte estrutura:

- Capítulo 1: Aborda a relevância do tema, justificativa, problema a ser respondido, os objetivos gerais e específicos, delimitação, e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.
- Capítulo 2: Trata da fundamentação teórica e informações encontradas sobre a Produção Enxuta, Construção Enxuta, Riscos da implementação da produção enxuta, Indústria 4.0, Riscos da implementação da indústria 4.0, construção civil e sobre a interrelação entre os temas.
- Capítulo 3: Apresenta o enquadramento, a metodologia e os procedimentos aplicados, visando alcançar os objetivos da pesquisa.
- Capítulo 4: Esse capítulo apresenta os resultados e análises dos achados em relação ao levantamento bibliográfico, a revisão sistemática literatura aplicada e aos resultados da pesquisa.
- Capítulo 5: Apresenta as conclusões e considerações finais acerca do realizado nesta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo deste capítulo é apresentar os riscos da implementação de ferramentas e métodos da indústria 4.0 em ambiente de produção enxuta na construção civil buscando as principais pesquisas sobre o tema na área de gestão e planejamento voltados à construção civil, apresentando a revisão bibliográfica realizada e os estudos relevantes para a pesquisa.

2.1 PRODUÇÃO ENXUTA

Produção enxuta, ou também conhecida como manufatura enxuta é uma evolução do sistema Toyota de produção, que foi desenvolvido após a segunda guerra mundial, em um momento de escassez de recursos e teve como objetivo combater os desperdícios. A estratégia utilizada para alcançar as metas, os criadores do sistema Toyota de produção, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, optaram por iniciar o processo por partes, iniciando com a análise no chão de fábrica com foco nos desperdícios visíveis e de fácil constatação, até os de difícil constatação. (Dettmer, 2001).

A partir disso a produção enxuta estabelece princípios enxutos que surgiram na indústria Toyota, e mostraram que pode ser aplicado em qualquer tipo de indústria e não apenas na automobilística. A aplicação dos princípios é capaz de provocar um estado competitivo na indústria e deve atingir toda a cadeia produtiva. Sua meta é busca da perfeição onde não exista desperdício, nível de estoque zero e variedade ilimitada de produtos.

Em função disso foi construída a casa Toyota, onde é composta por dois pilares/princípios de igual importância, sendo *Just in time* (JIT) e o Jidoka (automação). (SPEAR; BOWEN, 1999). Cada um dos pilares tem seu objetivo, o do primeiro pilas, Jidoka é a automação, ou seja, trabalhar ou máquina podem interromper o processo no momento de anormalidade, para reduzir as inconformidades do processo. Enquanto o segundo pilar, *Just in time* (JIT), significa no momento certo, ou seja, produzir a quantidade exata da demanda, no momento correto e no lugar certo, para atender a necessidade do cliente.

Para atender os princípios enxutos e a meta da busca da perfeição onde não existe desperdícios, o criador do Sistema Toyota de Produção, Taiichi Ohno,

propôs que os desperdícios e perdas fossem classificados em sete grupos, que são: (WOMACK; JONES, 1996)

- Superprodução: sendo um dos desperdícios mais danosos, por ser capaz de encobrir os outros. É dividido em dois tipos de superprodução, uma quantidade maior do que a programada e a outra com a antecipação da produção, ou seja, produzir os produtos antes da hora. Nas duas situações o excesso de produção vai criar um estoque para a etapa posterior.
- Estoque: sendo consequência da superprodução, é gerado por excesso de matéria prima, materiais entre processos e produtos acabados. Um ponto importante é que dentro da filosofia enxuta, o excesso de estoque encobre problemas na produção.
- Tempo de Espera: ocorrem por esperas desnecessárias, podendo ser por espera do processo que aguarda o término do processo anterior, espera do lote onde aguarda o final dos demais processos e por fim a espera do operador que ocorre quando o operador precisa acompanhar o processo do início ao fim.
- Transporte: são perdas que ocorrem em função de transportes desnecessários, nas diversas situações dentro da indústria.
- Movimentação: ocorrem pelas movimentações desnecessárias realizadas pelos operadores.
- Processamento: acontecem pelo processamento desnecessário que não criam valor ao produto ou problemas característicos do próprio processo.
- Não Conformidade: são decorrentes da produção de produtos defeituosos, que não atendam as especificações ou estejam fora do padrão estabelecido.

Assim para que se elimine os desperdícios diretamente na fonte, é necessário que todos os funcionários tenham os mesmos objetivos, com isso utilizando o pensamento enxuto ou *lean thinking*.

Pensamento enxuto é uma maneira de agir com a eliminação de desperdício, onde quer que exista, em todas as ações do dia a dia. (Queiroz, Araújo e Rentes, 2004).

Com isso em 1990 houve repercussão do Sistema Toyota de Produção, suas filosofias, aplicações e ferramentas, com isso o termo Manufatura Enxuta (*lean manufacturing*) se tornou mundialmente conhecido.

Unindo o início da criação do pensamento enxuto com a repercussão e criação do termo manufatura enxuta, Womack e Jones (1998), tem-se as métricas enxutas que tem como objeto especificar valor, definir a melhor sequência de atividades para gerar valor, não interromper atividades e realizá-las de maneira eficaz.

Ainda definem cinco etapas para os princípios enxutos. Os princípios enxutos são:

- Valor do cliente: é a especificação do valor sob as características do desejo do cliente, ou seja, o que o cliente quer e está disposto a pagar;
- Fluxo ou Cadeia de Valor: implica em enxergar das etapas, que agregam ou não valor, de maneira completa e não atividades isoladas do processo que transformam os materiais, serviços ou informações;
- Fluxo Contínuo: é a produção de um produto por vez, sendo transferido de um processo que agrega valor para o estágio seguinte, mantendo o tamanho do lote, sem paradas, nem estoque;
- Produção Enxuta: tem objetivo de sincronizar o processo para executar apenas o que o próximo processo precisa e no momento correto, ou seja, produzir para o pedido, de maneira eficaz e para o momento que foi pedido;
- Perfeição: a busca pela perfeição tem como objetivo alcançar os princípios anteriores, trabalhando como um ciclo contínuo se repetindo.

2.2 CONSTRUÇÃO ENXUTA

Com a criação do *lean manufacturing* e do *lean thinking*, as métricas, objetivos e princípios enxutos (*lean*) passaram a ser utilizados e adaptados em diversas áreas de atuação, como na construção civil.

O início da Construção Enxuta se deu no entendimento da reprodução dos conceitos “lean” desenvolvidos na indústria para o ambiente da Construção Civil (BALLARD; HOWELL, 1998). Em 1992 Lauri Koskela teve sua primeira publicação sobre o assunto “*Application of the new production philosophy in the constructos industry*”, a qual gerou interesse de outros pesquisadores.

Howell (1999) define a Construção Enxuta como “um novo caminho para o gerenciamento na indústria da Construção Civil, com implicações nas relações comerciais e na concepção dos projetos, planejar e controlar técnicas que reduzam o desperdício, melhorando a confiabilidade dos fluxos produtivos”.

Para HORMAN e KENLEY (1996), dois são os conceitos de sustentação para a teoria: o Just in Time e o Controle da Qualidade Total. Assim como na manufatura, a construção tem sua base de engenharia e gerenciamento no controle das atividades de conversão. O processo construtivo é visto como um conjunto de atividades que são controladas e melhoradas isoladamente (KOSKELA, 1999).

O grande mérito da Construção Enxuta é que esta ataca a variabilidade enquanto as práticas correntes atacam a velocidade de produção. Logo, o objetivo é ter o fluxo sob controle, o que por sua vez acarreta em uma nova organização e reestruturação do trabalho, principalmente nas áreas de projeto e planejamento. (HOWELL, 1999).

Segundo Picchi (2003), a mentalidade enxuta, inicialmente aplicado no ambiente da manufatura, apresenta grandes possibilidades de aplicação na construção, principalmente quando se fala em fluxos de projetos, fluxo de suprimentos e fluxo de obra. Koskela (1992) propõe em seu trabalho 11(onze) princípios que devem nortear todas as atividades na nova filosofia:

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: a redução da parcela de atividades que não agregam valor é necessária para a diminuição das perdas, que é um dos maiores problemas na indústria da construção civil, diminuindo os custos e otimizando o processo tornando-a mais eficiente e mais simples para o conjunto final;

- Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: esse é um dos mais importantes princípios da construção enxuta, pois ressalta a importância do cliente, que deve estar sempre em primeiro lugar. É fundamental que as exigências do cliente sejam atendidas

para que o produto final agregue valor. Isso ajuda também a evitar retrabalhos no empreendimento;

- Reduzir a variabilidade: existem consideráveis variações na construção civil, entre elas estão as diferentes dimensões entre materiais do mesmo tipo, sugestões diferentes entre os clientes e a variação de tempo para a realização de uma mesma atividade em uma obra;

- Reduzir o tempo de ciclo: a redução de tempo de ciclo é vital para uma obra, ela é definida como a soma de todos os tempos no fluxo dos materiais. A redução do tempo de ciclo está relacionada com a filosofia do Just in Time, que significa “no momento certo”. Ou seja, cada processo deverá ser abastecido no seu momento certo evitando a geração de estoques na obra ou no canteiro. Ele tem as vantagens de: entrega mais rápida ao cliente, maior rapidez na gestão de processos, aumento no efeito da aprendizagem, maior precisão na estimativa de futuras demandas e redução da vulnerabilidade do sistema de produção;

- Simplificar através da redução do número de passos ou partes: quanto mais complexa a obra maior será a tendência do número de atividades que não agregam valor, dificultando o andamento da mesma. Da mesma forma, quanto mais simples e reduzidos forem os passos de um processo, maior será a otimização e eficácia do empreendimento;

- Aumentar a flexibilidade de saída: está ligada à viabilidade de alterar o produto final entregue ao cliente sem aumentar os custos de forma considerável, a ponto de lesar a empresa contratada a efetuar o serviço;

- Aumentar a transparência do processo: esse procedimento ajuda a melhorar e facilitar o trabalho, tornando mais fácil a visualização e o diagnóstico de um erro no processo;

- Focar o controle no processo global: é manter o controle do processo, especificando de forma clara os responsáveis por cada serviço e/ou etapa;

- Introduzir melhoria contínua no processo: é sempre querer melhorar o controle e o planejamento buscando cada vez mais reduzir o desperdício na indústria e aumentar o valor na gestão de processos. Filosofia que integra o Just in Time e o Controle de Qualidade Total. Também pode ser descrito como redução dos custos aumentando a qualidade e o valor do produto, de forma contínua;

- Manter um equilíbrio entre as melhorias nos fluxos e nas conversões: consiste em manter o equilíbrio entre ambas as partes, fazendo alternâncias entre a melhoria incremental, participativa, focada nas atividades de fluxo e de novas tecnologias;

- Estudo de Aplicações: desenvolver e utilizar métodos adotados por outras empresas do setor que deram certo no contexto geral. Essa prática é a mais simples de todas, já que a empresa não deverá fazer nenhum investimento interno para obtê-la. Isso reduz a competitividade, pois faz com que as empresas obtenham o mesmo padrão de processos e métodos.

| Cinco princípios da Manufatura Enxuta | Elementos fundamentais | Onze princípios para Desenho de processo (KOSKELA, 1992) | |
|---------------------------------------|--|---|--|
| | | Nível 1 | Nível 2 |
| VALOR | 1- Pacote Produto/serviço valor ampliado 2- Redução de <i>lead time</i> | 1- Aumentar o valor do produto por meio dos requisitos dos clientes 2- Reduzir o tempo de ciclo do produto | - |
| FLUXO DE VALOR | 3- Alta agregação de valor na empresa estendida | 3- Reduzir parcelas que não agregam valor | 4- Simplificar por meio da redução de passos 5- Focar no controle de processo 6- Manter equilíbrio de fluxo e conversões |
| FLUXO | 4- Produção em fluxo 5- Trabalho padronizado | | 7- Reduzir variabilidade 8- Aumentar a transparência do processo |
| PUXAR | 6- Produção e entrega <i>Just-in-time</i> 7- Recursos flexíveis | 9- Aumentar a flexibilidade de saída | |
| PERFEIÇÃO | 8- Aprendizado rápido e sistematizado 9- Foco comum | 10- Introduzir melhoria contínua no processo | 11- Fazer <i>Benchmarking</i> |

Figura 2 - Princípios da Manufatura Enxuta

Fonte: Adaptado de Picchi (2003)

Como apresentado na Figura 2, deve haver uma compreensão da complexidade e da dependência mútua dos envolvidos para que os princípios

citados possam ser incorporados e aplicação com a execução correta das técnicas e aspectos da construção enxuta. (JOHANSEN E WALTER, 2007).



Figura 3 - Estrutura conceitual da construção enxuta.

Fonte: Adaptado de Koskela, 1992.

Em função das técnicas e princípios de acordo com Johansen e Walter (2007), a maioria dos estudos de implementação da filosofia *lean* demonstra potencial de melhorias por meio da aprendizagem, mesmo tendo como seu principal obstáculo aspectos culturais. Ou seja, a mudança das tradições e comportamentos são uma condição necessária para a implementação da construção enxuta.

2.3 INDÚSTRIA 4.0

Em sua essência, o termo Indústria 4.0 é resultado de diversos estágios históricos de revoluções industriais (BALASINGHAM, 2016). Entre 1760 e 1840

ocorreu a primeira revolução industrial, provocada pela construção de rodovias e o advento da máquina a vapor, resultando no início da produção mecânica. Entre o final do século XIX e início do século XX, com a invenção da eletricidade e a criação da linha de montagem, configurou-se a segunda revolução industrial, possibilitando a produção em massa (SCHWAB, 2016). A terceira revolução industrial, por sua vez, iniciou por volta dos anos 70 e representa a utilização de eletrônicos e da tecnologia da informação para a obtenção de maior automação nos processos de manufatura (ACATECH, 2013).

Para que se possa entender, de acordo com Ducker (2000), a primeira revolução industrial teve origem na Inglaterra entre os anos 1760 a 1840 e teve como base a utilização do vapor da água como fonte de energia. A mecanização dos processos de fabricação, até então realizados de forma artesanal, gerou consequências sociais e econômicas proporcionando um grande crescimento para a Inglaterra. Pode-se afirmar que diversas invenções e avanços, tanto científicos quanto tecnológicos, ocorreram e continuaram cem anos depois por exemplo e incentivo do surgimento de máquinas movidas a vapor. (ALLEN, 2006).

A partir do aprimoramento dos conhecimentos práticos obtidos na primeira revolução deu-se início a segunda revolução industrial, no período de 1870 a 1914. Segundo Coelho (2016), a revolução marcada pelo advento da energia elétrica gerou avanços econômicos e desenvolvimento de métodos produtivos de tal forma que a busca pela liderança tecnológica se tornou tendência em outros países ocidentais industrializados.

A terceira revolução industrial, por sua vez, iniciou na segunda metade do século XX. Considerada uma revolução digital, se caracterizou pela automação dos processos produtivos por meio da implementação de componentes eletrônicos e tecnologia. Com isso, o controle dos processos proporcionou melhorias nos fluxos de produção e em todos os sistemas que necessitavam de acompanhamento em tempo real (COUTINHO, 2016).

Se as primeiras três revoluções foram resultado da mecanização, eletricidade e tecnologia da informação, respectivamente, agora é a introdução da internet das coisas e dos serviços no ambiente de manufatura que está inaugurando uma quarta revolução industrial a partir do desenvolvimento de sistemas físicos cibernéticos (ACATECH, 2013).

No ambiente de manufatura, esses sistemas incluem máquinas inteligentes, sistemas de estoque, e também instalações industriais capazes de comunicação e controle autônomo (ACATECH, 2013). Essas mudanças possibilitam o surgimento de fábricas inteligentes, onde é possível realizar o processamento de ordens individuais de clientes, prover um sistema de produção flexível a variações, e garantir a transparência do processo de manufatura para otimização de tomadas de decisão (ACATECH, 2013).

As principais mudanças são, em particular: períodos curtos de desenvolvimento de produto; individualização na demanda; flexibilização da produção; descentralização na tomada de decisões; eficiência econômica e ecológica de recursos.

A indústria 4.0 compreende a quarta revolução industrial e teve início na primeira década do século XXI. Segundo Lee et al. (2015), o conceito da Indústria 4.0 foi proposto recentemente e engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação aplicadas aos processos de manufatura. Dessa forma, pode-se entender que a Indústria 4.0 compreende uma evolução dos sistemas produtivos industriais onde todos os equipamentos e máquinas estão conectadas em redes e proporcionando informações de forma única.

Segundo Brettel (2014) existem seis princípios para o desenvolvimento e implantação da indústria 4.0:

- Capacidade de operação em tempo real: possibilidade de tomada de decisões em tempo real a partir da aquisição e do tratamento de dados de forma prática e instantânea;

- Virtualização: proposta de existência de uma cópia virtual das fábricas inteligentes de forma que se possa rastrear e monitorar remotamente todos os processos por meio de inúmeros sensores espalhados em toda a planta;

- Descentralização: comandos e informações sobre o ciclo de trabalho estarão disponíveis no sistema cyber-físico de tal forma que a tomada de decisão poderá ser feita em tempo real conforme as necessidades percebidas. Com isso, os módulos da fábrica inteligente atuaram de forma descentralizada para aprimorar os processos de produção;

- Orientação a serviços: utilização de softwares orientados a serviços e aliados ao conceito de "*Internet of Services*";

- Modularidade: flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas de forma que a produção pode ocorrer de acordo com a demanda;

Para acompanhar a modernização do sistema produtivo faz-se necessária a gestão do capital intelectual. Para Davenport e Prusak (1998) a verdadeira vantagem competitiva está na capacidade e na velocidade do aprendizado das pessoas na organização. Schwab (2016) afirma ainda que no futuro o talento das forças de trabalho irá se sobressair ao capital. Dessa forma, a exigência de conhecimentos de nível superior e o desenvolvimento de programas de desenvolvimento humano para a inovação fazem parte da indústria 4.0. Os profissionais precisam estar cada vez mais qualificados para seguir os avanços da tecnologia e construir vantagens competitivas nas organizações.

2.4 FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Primeiramente a implementação da indústria 4.0 irá afetar diretamente os fatores que geram o valor agregado ou a maneira como se cria o valor de processo, produtos, mão de obra e equipamentos.

Segundo Stock & Seliger (2016) a combinação da aplicação desses fatores irá gerar diversos benefícios em produtividade, demanda de produtos e crescimento de receitas, contudo novas tecnologias iram gerar novas preocupações.

A geração desses benefícios passa diretamente pela ação de monitorar todas as etapas do processo produtivo e com isso ser possível prever e gerar autoconhecimento para uma administração mais precisa do status da fábrica, através de uma gama maior de informações (LEE *et al.*, 2014).

Contudo para que se obtenha as informações através da ação de monitorar as etapas do processo, é necessária a integração desses dados, ou seja, a troca de informações entre os componentes durante todo ciclo produtivo e até mesmo entre fornecedores e cliente final, fato que irá otimizar e gerir de maneira eficaz, além de aumentar a produtividade e eficiência na tomada de decisão e utilização de recursos. Sendo assim, aumentando a flexibilidade nas linhas de produção e juntamente com aumentado da produtividade e eficiência,

permitindo a personalização em massa de produtos de acordo com as necessidades de cada cliente (CNI, 2016).

A implementação da indústria 4.0, gera riscos e impactos nas organizações, que são decorrentes de inserção de novas tecnologias no gerenciamento e na produção, mudança de capital humano e benefícios como menor desperdício, eficiência de máquinas e recursos.

Segundo Silva (2018), existem seis macro áreas que resumem os impactos identificados na indústria 4.0, sendo elas impacto tecnológico, impacto na relação com clientes, impactos ambientais, impactos econômicos, impacto no capital humano e impacto na gestão.

Todas as implementações geram impactos e riscos e, segundo a ABNT (2018), de uma maneira genérica risco é a incerteza no objetivo final, podendo ser positivo, negativo ou ambos. Ou até mesmo a incerteza de resultados e suas consequências. Pensando no ambiente corporativo, incertezas levam a diversos tipos de riscos, que influenciam diretamente em todas as áreas da empresa, desde gerência a chão de fábrica, a fornecedores e clientes, influenciando na cadeia de suprimentos como um todo.

A partir da metodologia de mapeamento, Soltovski (2020) apresenta 28 riscos agrupados em 4 dimensões e 11 subdimensões. Os quadros abaixo mostram cada um dos riscos que se pode encontrar na implementação da indústria 4.0, assim como os autores que podem auxiliar na conceituação e construção dos mesmos.

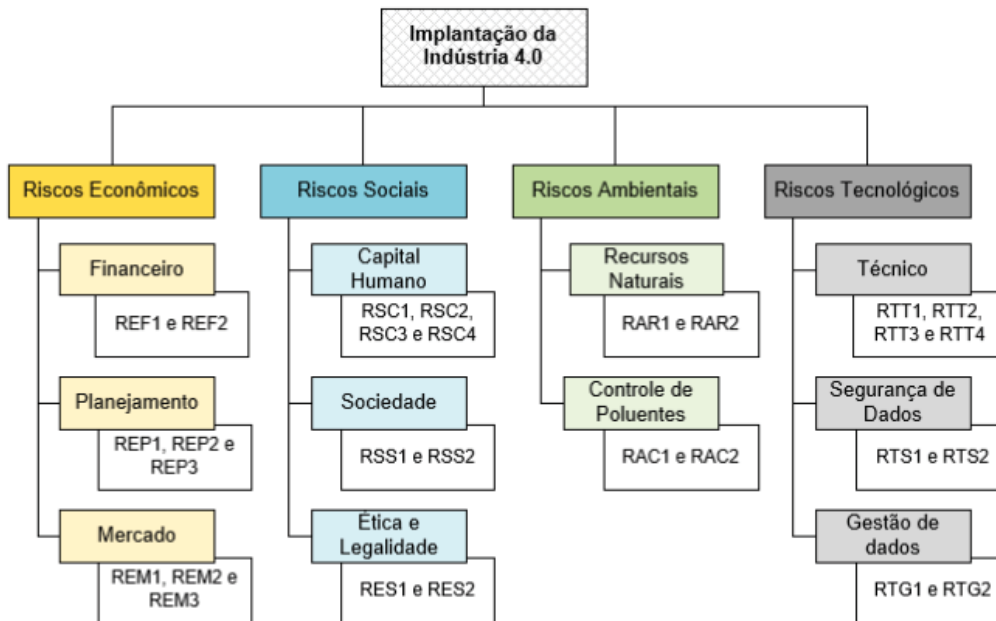


Figura 4 - Resumo dos riscos mapeados

Fonte: Soltovski (2020)

Cada um dos 28 riscos observados, na revisão da literatura foram apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde além dos riscos, receberam os dados da fonte originária do risco, o efeito que ele causa e os autores que os citaram.

Ramon (2019) explica que os riscos podem ser divididos em 4 grupos principais: riscos econômicos, riscos sociais, riscos ambientais e os riscos tecnológicos. O primeiro deles sugere uma análise completa do plano tecnológico com relação à sustentabilidade econômica, levando em conta que todas as incertezas devem ser mapeadas. Os riscos sociais, por sua vez, compreendem os impactos sociais que a digitalização pode causar tanto para a empresa quanto para o ambiente externo. Em seguida tem-se as preocupações com as questões ambientais, dentre elas o consumo de recursos naturais, o alto consumo de energia, combustíveis e até mesmo a geração de poluentes. Uma vez que a Quarta Revolução Industrial tem como base as tecnologias digitais, é necessário levar em consideração os riscos de implantação das mesmas. Ao serem implantadas, as tecnologias podem apresentar impedimentos técnicos, influenciando na forma como os dados serão manuseados. Com isso, todos os riscos e até mesmo a sustentabilidade tecnológica devem ser analisados.

2.4.1 Riscos Econômicos

Para Ramon (2019), levando em conta que a Indústria 4.0 exige uma infraestrutura adequada para implementação, muitas empresas precisarão se adequar e investir nisso. Dessa forma, o primeiro risco econômico a ser avaliado é o financeiro, devido ao alto custo de implantação (REF1), considerando a aquisição de máquinas e até mesmo a implementação de sistemas de TI.

Ao mesmo tempo, ainda não se pode comprovar ou garantir o retorno dos investimentos na Quarta Revolução Industrial. Muitas das tecnologias são novas, com alto custo inicial e benefícios a longo prazo. Segundo Lee et al (2015), as empresas devem ser cuidadosas pensando que os seus custos podem aumentar consideravelmente com a implementação da Indústria 4.0, enquanto os clientes não necessariamente estarão dispostos a pagar por isso na devida proporção – com isso tem-se o risco de retorno financeiro incerto (REF2).

Dessa forma, pode-se dizer que faltam estudos que comprovem quais as soluções digitais realmente necessárias para implantação da Indústria 4.0 e com valor percebido para o cliente. Para Kiel et al. (2017), o desconhecimento pode levar a uma implementação equivocada, ou até mesmo de uma tecnologia ainda imatura para determinado negócio, ameaçando e muitas vezes comprometendo tanto a qualidade dos produtos e processos, quanto a força da produção. Esse risco faz parte da subcategoria de planejamento e gestão (RAMON, 2019) e denomina-se risco de imprecisão na implantação da indústria 4.0 (REP1).

Ainda se tratando desta subcategoria, Sommer (2015) apresenta um estudo sobre a dificuldade de adoção das tecnologias por parte das pequenas e médias empresas (PMEs). Uma vez que as grandes corporações dispõem de fundos para investimento na Indústria 4.0, as PMEs podem se tornar reféns do processo considerando ainda a falta de *know how* e mão de obra qualificada. O autor afirma que a pressão pela digitalização pode aumentar o risco de autosabotagem sobre a cadeia de valor (REP2), pois ampliar as diferenças entre as PMEs e grandes corporações não é interessante nem para elas, nem para os seus investidores.

Neste contexto, Schneider (2018) destaca a importância dos modelos e negócios cooperativos para que as empresas de diversos portes possam se

beneficiar com as tecnologias. A conexão entre os integrantes de uma cadeia requer completa abertura, cooperação e confiança. No entanto, muitas empresas podem temer o risco da dependência de parceiros (REP3), principalmente no que se trata de companhias de tecnologia da informação, que detém a expertise para a digitalização que a Indústria 4.0 exige.

Segundo Kiel, et al. (2017) as novas tecnologias possibilitam que muitas organizações busquem oferecer melhores serviços, aumentando consequentemente a sua vantagem competitiva. As mudanças de mercado, por sua vez, são cada vez mais rápidas e as empresas precisam acompanhar para que não entrem em colapso ou até mesmo enfrentem riscos de problema de concorrência (REM1), conforme a tabela a seguir.

| RISCOS ECONÔMICOS | | | | | |
|-----------------------|------|---|--|---|--|
| | Cód. | Risco | Fonte | Efeito | Autores |
| Financeiro | REF1 | Risco de altos custos de implantação | Alto grau de complexidade da infraestrutura de implantação | - Desprendimento de grandes quantias em investimentos; | Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Moktadir et al. (2018); Li, Hou e Wu (2017); Luthra e Mangla (2018); Kiel et al. (2017); Liao et al. (2018) |
| | REF2 | Risco de retorno financeiro incerto | Falta de clareza sobre os custos-benefícios das tecnologias | - Prejuízo sobre investimentos; - Não atingimento de metas de implantação; | Man e Strandhagen (2017); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Le e Le (2015); Kiel et al. (2017); Müller, Buliga e Voigt (2018) |
| Planejamento e Gestão | REP1 | Risco de imprecisão na implantação | Falta de planejamento ou padrão de implantação | - Implantação ineficaz; - Adoção de soluções de baixa incorporação de valor; - Adoção de soluções de baixo impacto positivo; - Utilização ineficiente de tecnologias; | Schneider (2018); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Müller, Buliga e Voigt (2018); Moktadir et al. (2018); Müller, Kiel, Voigt (2018); Piccarozzi, Aquilani e Gatti (2018); Freddi (2018); Kiel et al. (2017) |
| | REP2 | Risco de autossabotagem sobre a cadeia de valor | Falta de planejamento da cadeia de suprimentos | - Enfraquecimento da cadeia de suprimentos; - Parceiros com dificuldades de acompanhamento tecnológico; - Pressão sobre PMEs; - Pressão sobre PMEs | Müller, Kiel e Voigt (2018); Sommer (2015); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Luthra e Mangla (2018); Müller, Buliga e Voigt (2018) |
| Mercado | REP3 | Risco de dependência de parceiros | Falta de competência interna para desenvolvimento de tecnologias | - Monopolização de fornecedores; | Müller, Buliga e Voigt, (2018); Schneider, (2018); Kiel et al., (2017) |
| | REM1 | Risco de problemas de concorrência | Surgimento facilitado de novos <i>players</i> | - Pressão competitiva; - Dificuldade mercadológica; - Colapso competitivo; | Barreto, Amaral e Pereira (2017); Kiel, et al. (2017); Freddi (2018); Li, Hou e Wu (2017) |
| | REM2 | Risco de intervenções negativas de clientes | Clientes com alta influência na criação de valor | - Confusão na atribuição de valor; - Dificuldade de atingimento de objetivos estratégicos; | Li, Hou e Wu (2017); Kamble, Gunasekaran e Gawankar (2018); Barreto, Amaral e Pereira (2017); Kiel, Arnold e Voigt (2017); Pilloni, (2018); Müller, Buliga e Voigt, (2018) |
| | REM3 | Risco de dificuldade de aceitação de clientes | Resistência as inovações tecnológicas | - Perda de clientes; - Perda de mercado consumidor; | Kiel, Arnold e Voigt (2017); Kiel et al. (2017); Schneider (2018) |

Tabela 1 - Riscos econômicos.

Fonte: Soltovski (2020)

A partir do aumento da concorrência, o cliente se tornará mais ativo e importante nas empresas, que farão uso das tecnologias para possibilitar a customização e personalização dos produtos (LI, HOW, WU, 2017). Entretanto, essa influência deve ser analisada pois muitos dos valores das empresas podem não ser prioridade para os clientes, podendo resultar no risco de intervenções

negativas de clientes (REM2) e na dificuldade para as corporações em atingir os seus objetivos.

Uma vez que as tecnologias possibilitarão novas formas de se apresentar os produtos e serviços, Kiel et al. (2017) reforça que desafios de aceitação podem surgir por parte dos consumidores (REM3). Como alternativa, Schneider (2018) apresenta a necessidade de estudar os clientes para entender o que eles estão dispostos a pagar, além de desenvolver uma equipe de vendas especializada para convencê-los sobre os novos recursos e seus benefícios.

2.4.2 Riscos Sociais

Para atender as novas exigências dos clientes as empresas precisam dispor de talentos humanos especializados (LI, HOU, WU, 2017), é neste contexto que um dos riscos que se encontra é a falta de mão de obra qualificada (RSC1). De acordo com Kiel et al. (2017) a escassez de profissionais capacitados pode gerar a necessidade de investimentos financeiros para as empresas – tanto para recrutamento quanto para treinamento. Dessa forma, a gestão de carreiras pode ser adotada pelas empresas como uma maneira de se adaptar às mudanças da indústria 4.0.

Ao mesmo tempo, entende-se que toda mudança pode trazer uma resistência, para as empresas e principalmente para os colaboradores. DE SOUZA JABBOUR et. al. (2018) destaca a importância da preparação dos gestores para promover a aceitação para as mudanças, entendendo os medos e ameaças que a transformação tecnológica pode trazer. Com isso, tem-se o risco de relutância a mudanças (RSC2), que pode atingir todos os níveis hierárquicos de uma corporação.

Uma vez que a Quarta Revolução Industrial prevê a interação de homens com máquinas como algo corriqueiro, o risco à integridade física dos trabalhadores (RSC3) pode trazer consequências negativas e difíceis de prever. Por isso, os procedimentos de segurança devem ser revistos para garantir a segurança dos trabalhadores (BADRI, BOUDREAU-TRUDEL, SOUISSI, 2018). Outro ponto a ser considerado é a segurança cibernética, implementando protocolos que prezem pela integridade do operador, do consumidor e até

mesmo dos sistemas de determinada empresa, conforme apresenta a tabela a seguir.

| RISCOS SOCIAIS | | | | | |
|--------------------|-------|--|---|---|---|
| Cód. | Risco | Fonte | Efeito | Autores | |
| Capital Humano | RSC1 | Risco de falta de mão de obra qualificada | Exigência de qualificação para utilização das novas tecnologias | .- Dificuldade de desenvolvimento de trabalhadores; - Utilização ineficiente de tecnologias; - Imprecisão na implantação da Indústria 4.0; - Aumento de custos para contratação de mão de obra qualificada; | Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Li, Hou e Wu (2017); Moktadir et al. (2018); Kiel et al. (2017); Freddi (2018); Imran e Kantola (2018); Lee e Lee (2015); Saucedo-Martínez et al. (2018); Tupa, Simota e Steiner, (2017) |
| | RSC2 | Risco de relutância a mudanças | Má gestão da transferência de conhecimento | .- Aumento da dificuldade de implantação da Indústria 4.0; - Difusão ineficiente do conceito da indústria 4.0; Pressão sobre trabalhadores; | Luthra e Mangla (2018); De Souza Jabbour et. al. (2018); Schneider (2018) |
| | RSC3 | Risco à integridade física de trabalhadores | Novas formas de interação homem-máquina | .- Acidentes de trabalho; - Custo de adaptação de maquinários; | Badri, Boudreau-Trudel e Souissi, (2018); Robla-Gómez et al. (2017); Gobbo Junior et al. (2018); Gao et al. (2015); Jansen e Jeschke (2018) |
| | RSC4 | Risco de problemas psicossociais | Pressões sobre trabalhadores devido as mudanças tecnológicas | - Adversidades psicossociais de trabalhadores; | Badri, Boudreau-Trudel e Souissi, (2018); Hirschi, (2018); Imran e Kantola (2018) |
| Sociedade | RSS1 | Risco de aumento da desigualdade e tensões sociais | Vantagens para uma menor classe da sociedade | .- Diminuição do bem-estar social; - Desigualdade Salarial; - Desigualdade na distribuição de renda; - Acumulação de renda; - Desigualdade entre países; | Maynard (2015); Salento (2018); Caruso (2017); Bonilla et al. (2018); Li, Hou e Wu (2017); Rajnai e Kocsis (2017); Freddi (2018) |
| | RSS2 | Risco de perda de posições de trabalho | Substituição da mão de obra por máquinas | - Pressão sobre trabalhadores; - Impactos e problemas sociais; | Li, Hou e Wu (2017); Freddi, (2018); Caruso (2017); Fonseca (2018); Salento (2018); Hirschi, (2018) |
| Ética e Legalidade | RSE1 | Risco de inteligências artificiais antiéticas | Inteligências artificiais com capacidades decisórias | .- Dificuldade nas responsabilizações das consequências geradas por AIs; - Influência de máquinas nas decisões humanas; - Escolhas antiéticas de máquinas; - Acidentes entre trabalhadores e máquinas | Taddeo e Floridi (2018); Winderfiel et al. (2019) |
| | RSE2 | Risco de invasão de privacidade | Acesso a dados privados | .- Consequências éticas e legais; - Utilização de informações sem consentimento dos usuários; - Segurança pessoal fragilizada; | Lee e Lee (2015); Zhou et al. (2018); Roblek, Meško e Krapež (2016); Sisinni et al. (2018); Strange e Zucchella (2017); Romero et al. (2018); Özdemir (2018) |

Tabela 2 - Riscos Sociais
Fonte: Soltovski (2020)

A partir da análise do capital humano, tem-se os riscos psicossociais (RSC4), ou seja, que abrangem fatores relacionados ao ambiente de trabalho e que podem afetar a saúde do trabalhador. Hirschi (2018) destaca a importância da adaptabilidade às mudanças tecnológicas, considerando a necessidade de uma análise das competências dos trabalhadores por parte dos gestores, trazendo suas fraquezas e fortalezas para desenvolvê-las de acordo com as exigências do mercado.

Segundo Caruso (2017), a exigência de mão de obra qualificada na Indústria 4.0 pode gerar ainda um aumento na desigualdade e tensões sociais (RSS1). Considerando que as ofertas de empregos serão destinadas para uma pequena parcela da sociedade (os profissionais especializados), os ganhos também ficarão nas mãos de poucos. LI, HOU, WU (2017) destacam ainda a possibilidade de domínio do mercado por grandes plataformas digitais que surjam para conectar compradores e vendedores, excluindo os menores.

Com base no risco anterior, o desaparecimento de algumas posições de trabalho (RSS2) mostra-se inevitável, uma vez que com a digitalização muitas atividades físicas serão substituídas por máquinas (CARUSO, 2017). Assim como aconteceu em revoluções anteriores, esse risco pode trazer problemas para a sociedade. Porém, Hirschi (2018) reforça a necessidade da análise dos impactos da Indústria 4.0, levando em conta que ao mesmo tempo que posições de trabalho correm riscos, novas possibilidades irão surgir.

No que diz respeito às questões éticas das tecnologias digitais, deve-se considerar dois pontos importantes: o risco de consequências éticas provenientes de inteligências artificiais (RSE1) e o risco de invasão de privacidade / uso indevido de dados (RSE2). O primeiro deles abrange as decisões tomadas por sistemas autônomos e inteligentes (WINFIELD et al., 2019), levando em conta a responsabilização ética por essas ações e a dificuldade de se criar um padrão ético a ser seguido pelas inteligências artificiais. O segundo risco trata da proteção de dados, considerando o uso indevido das informações privadas armazenadas nas tecnologias por parte das empresas e organizações, o que pode gerar não apenas problemas éticos mas também legais (ROMERO et al., 2018).

2.4.3 Riscos Ambientais

Assim como em todas as grandes mudanças que acontecem no mundo e na sociedade, a Quarta Revolução Industrial pode gerar impactos para o meio ambiente que devem ser discutidos. O risco de alto consumo de recursos naturais para produção de novas tecnologias (RAR1) é o primeiro deles (BONILLA et al., 2018), pois sabe-se que a infraestrutura de apoio para a transformação digital dependerá de recursos naturais tanto para matéria-prima quanto para fabricação de novos equipamentos. Além disso, tendo em vista que todo o funcionamento destas máquinas equipamentos necessários para a digitalização demandam um alto consumo de energia (MOKTADIR et al., 2018), o risco de alto consumo para estas operações (RAR2) pode resultar na sobrecarga e no impacto negativo ao meio ambiente, conforme pode ser visualizado na tabela a seguir.

| RISCOS AMBIENTAIS | | | | | |
|-----------------------|------|---|--|---|---|
| | Cód. | Risco | Fonte | Efeito | Autores |
| Recursos Naturais | RAR1 | Risco de alto consumo de recursos naturais para produção de tecnologias | Fabricação das novas tecnologias 4.0 | - Aumento da utilização de recursos escassos; - Sobrecarga ambiental; | Bonilla et al. (2018); Stock et al. (2018); |
| | RAR2 | Risco de alto consumo de energia para operação de tecnologias | Operação das novas tecnologias 4.0 | - Custos com alto consumo de energia; | Zhou et al. (2018); Pilloni (2018); Moktadir et al. (2018); Li et al. (2017); |
| Controle de Poluentes | RAC1 | Risco de aumento de lixo eletrônico e resíduos | Falta de interoperabilidade de equipamentos e utilização de recursos de difícil reciclagem | - Descarte de obsoletos no meio ambiente; - Altos custos de reciclagem; | Bonilla et al. (2018); Stock et al. (2018) |
| | RAC2 | Risco de aumento de consumo de combustíveis | Fabricação de equipamentos, transporte de obsoletos e alto consumo de energia | - Poluição atmosférica; | Bonilla et al. (2018); Stock et al. (2018); Moktadir et al. (2018) |

Tabela 3 - Riscos ambientais

Fonte: Soltovski (2020)

Para Bonilla et al (2018), o risco de aumento de lixo eletrônico e resíduos (RAC1) também pode gerar perigos ambientais. Considerando que todo o maquinário utilizado em algum momento ficará obsoleto, a reciclagem e o reaproveitamento de equipamentos tendem a ser assuntos recorrentes no âmbito das tecnologias. Em seguida deve-se levar em conta o risco de aumento de consumo de combustíveis (RAC2), exigidos tanto na produção desse maquinário quanto nos processos fabris, e até mesmo no transporte dos materiais desusados para descarte. Stock et al. (2018) destaca o quanto esse consumo pode resultar em um aumento nas emissões de gases poluentes e nocivos ao meio ambiente.

2.4.4 Riscos Tecnológicos

Ao falar em Indústria 4.0, as tecnologias digitais protagonizam as discussões e transformações que a revolução propõe. Com isso, há a necessidade de avaliar todos os fatores que compreendem a Quarta Revolução Industrial e as tecnologias, desde a implantação até as incertezas e riscos. À nível técnico, o risco de interferência de sinais (RTT1) principalmente no que diz respeito a grande quantidade de dispositivos conectados e sinais existentes (Li et al., 2017), pode prejudicar a comunicação de toda uma corporação, por exemplo.

Estes equipamentos conectados ao mesmo tempo podem sobrecarregar redes e dificultar a transferência das informações em tempo real (HE et al. 2016). Tem-se então o risco de incapacidade técnica das redes (RTT2), que reforça a necessidade de uma estrutura de internet para proporcionar conexões e gerenciamento de dispositivos de forma eficaz (LUTHRA, MANGLA, 2018).

Khan et al. (2017) defende que a interoperabilidade é o ponto chave para adoção e automação da Indústria 4.0. Ou seja, a capacidade de um sistema de se comunicar com outro sistema (semelhante ou não) é essencial nas operações, até mesmo para que máquinas e equipamentos se comuniquem independente das diferenças nas linguagens de transferências de dados (BONILLA et al., 2018). Dessa forma, o risco de falta de interoperabilidade (RTT3) pode prejudicar a integração das tecnologias nas instalações.

Embora a necessidade de conexão seja uma das bases da Quarta Revolução Industrial, o excesso dela (ou a hiperconexão) apresenta o risco de caos tecnológico (RTT4). Desta forma, um único risco, mesmo que pequeno, pode causar desordem em todo o sistema como um efeito dominó (LEE; LEE, 2015). Por exemplo, a sobrecarga de uma rede de internet pode prejudicar todo o sistema de uma corporação.

Tendo em vista a quantidade de dados compartilhados em todas essas redes, o risco de ataque cibernético (RTS1) e a necessidade da segurança de dados compreendem uma realidade da Indústria 4.0. Para Lezzi, Lazoi, Corallo (2018), estes riscos abrangem a perda de confidencialidade, resultando na divulgação de dados; a falta de integridade, com a mudança ou até mesmo a perda de dados; e a falta de disponibilidade dos sistemas de informações, acarretando na negação de serviços e perda da produtividade. Os autores reforçam ainda o quanto as empresas precisam estar atentas para evitar a perda da lucratividade e até mesmo a divulgação de dados sigilosos. Segundo Wang et al. (2016), o risco de divulgação de dados privados (RTS2) pode ainda comprometer a adesão das empresas à um sistema integrado, por receio de terem informações importantes sobre clientes e fornecedores vazadas, os riscos mencionados podem ser observados na tabela a seguir.

| RISCOS TECNOLÓGICOS | | | | | |
|---------------------|-------|---------------------------------------|---|--|--|
| Cód. | Risco | Fonte | Efeito | Autores | |
| Técnico | RTT1 | Risco de interferência nos sinais | Ambiente com excesso de equipamentos conectados e condições desafiadoras do ambiente fabril | - Baixa eficiência no trânsito de informações; - Baixa confiabilidade de informações; - Impacto sobre a produtividade; | Pilloni, (2018); Preuveneers e Ilie-Zudor, (2017); Sisinni et al. (2018); Li et al. (2017) |
| | RTT2 | Risco de incapacidade técnica da rede | Rede de internet com baixa capacidade técnica | - Atraso no intercâmbio de dados; - Alto consumo de energia para diminuição de latência. - Impacto sobre equipamentos físicos; - Baixo desempenho do controle em tempo real; | He et al. (2016); Khan et al. (2017); Pilloni (2018); Preuveneers e Ilie-Zudor (2017); Sisinni et al. (2018); Moktadir et al. (2018); Luthra e Mangla (2018); Chen et al. (2018) |
| | RTT3 | Risco de falta de interoperabilidade | Equipamentos e sistemas incompatíveis | - Baixa integração de equipamentos e sistemas; - Aumento de custo de implantação de novas tecnologias; - Ajustes de equipamentos antigos; - Lixo eletrônico; | Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Khan et al. (2017); Wan et al. (2016); Ur Rehman (2018); Pilloni (2018); Sisinni et al. (2018); Xu, Xu e LI (2018); Gao et al. (2015); Kalar et al. (2018); Bonilla et al. (2018); Kiel et al. (2017) |
| | RTT4 | Risco de caos tecnológico | Hiperconectividade | - Impacto sobre o desempenho de um sistema; - Impacto sobre o desempenho de uma cadeia de suprimentos; - Propagação de erros de forma generalizada e descontrolada; | Stock e Seliger (2016); Maynard (2015); Lee e Lee (2015); Özdemir (2018); Ivanov, Dolgui e Sokolov, (2018) |
| Segurança de Dados | RTS1 | Risco de ataque cibernético | Sistema de segurança de dados ineficiente | - Queda produtividade; - Danos financeiros; - Lesão de trabalhadores; - Produtos defeituosos; - Vazamento e manipulação de dados; - Sucateamento de máquinas; - Vazamento e manipulação de dados; - Sucateamento de máquinas; - Danos ambientais; - Ataques terroristas; | Tupa, Simota e Steiner (2017); Jansen e Jeschke (2018); Tuptuk e Halles (2018); Wu Song e Moon (2019); Radanliev et al. (2018); He et al. (2016); Lezzi, Lazo e Corallo (2018); (Gao et al., 2015); Kamble, Gunasekaran e Sharma (2018); Kiel et al. (2017); Lee e Lee (2015); Maynard (2015); Pilloni, (2018); Özdemir (2018); Strange e Zucchella (2017); Wang et al. (2016); Zhou et al. (2018); Dawson (2018), WU et al., (2018); Kiel et al. (2017) |
| | RTS2 | Risco de divulgação de dados privados | Sistema de segurança de dados ineficiente | - Perda de lucratividade; - Vazamento de dados privados alheios; - Problemas legais; - Fragilização da reputação empresarial; | Müller, Bulliga e Voigt (2018); Freddi (2016); Roblek, Meško e Krapež (2016); Xu, Xu e li (2018) |
| Gestão de Dados | RTG1 | Risco de análise ineficaz dos dados | Sobrecarga de dados | - Baixa eficiência no trânsito de informações; - Comprometimento da análise em tempo real; - Custos com processamentos desnecessários; - Comprometimento de sistemas; | Foidl e Felderer (2016); He et al. (2016); Khan et al. (2017); Ivanov, Dolgui e Sokolov, (2018); Wang et al. (2016); Li et al. (2017); Ur Rehman (2018) |
| | RTG2 | Risco de dados de má qualidade | Sobrecarga de dados | - Baixa confiabilidade de informações; - Baixa precisão das informações; - Tomada de decisões erradas; - Custos com processamento de dados não proveitosos; - Sistemas de análise de informação ineficientes; | Ur Rehman (2018); Li et al. (2017); Kirchen et al. (2017); Yan et al. (2017); Xu, Xu e LI (2018); Chen et al. (2018); Luthra e Mangla (2017) |

Tabela 4 - Riscos tecnológicos

Fonte: Soltovski (2020)

Com a quantidade de dispositivos e dados armazenados, Wang et al. (2016) destaca o desafio de saber quais deles devem realmente ser mantidos, como devem ser analisados e até mesmo como padronizar todos eles para que sejam estudados. Assim, não só o armazenamento é importante como também a mão de obra qualificada para que a análise de todas essas informações traga insights relevantes para as empresas e operações (KHAN et al., 2017). A partir disso, pode-se destacar tanto o risco de análise ineficaz de dados (RTG1) quanto o risco de dados de má qualidade (RTG2). Pois, assim como há a necessidade de profissionais especializados para analisar as informações coletados, dados de má qualidade resultam em análises errôneas e prejudicam a tomada de decisão (KIRCHEN et al., 2017).

2.4.5 A Regulamentação

Por se tratar de uma revolução atual, a Indústria 4.0 não possui uma regulamentação clara para a digitalização das empresas. Salento (2018) sugere que as instituições se unam para ajustar as regulamentações e desenvolver um padrão facilitador das melhorias digitais. Este padrão pode inclusive auxiliar as empresas na implementação da Indústria 4.0 e na redução das incertezas que essa revolução carrega. Uma vez que novas soluções de tecnologia surgem todos os dias, ao mesmo tempo que grandes empresas se adequam muitas não conseguem acompanhar a velocidade destas mudanças.

2.5 FATORES DE RISCO NA IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA

Segundo PMI (*Project Management Institute*, 2004), o conceito de risco um evento qualquer ou uma condição de incerteza que influencia de maneira positiva ou negativa nos objetivos da empresa ou de um processo. BANNERMAN, (2008) e HUBBARD (2009), indicam que riscos podem ser eventos que afetam também positivamente o resultado do processo, mesmo que a maior parte da literatura apresente risco como uma influência negativa para a empresa.

Cada processo, projeto ou empresa tem diferentes tipos de riscos que são inerentes a sua atuação, aos resultados esperados, incertezas e efeitos que podem causar (ALOINI et al. 2012a). Ainda cada processo está sujeito a inerente exposição a diversos riscos, contudo ações realizadas no planejamento e durante o processo podem reduzir os riscos. Como não é possível eliminar todos os riscos dos processos, a adoção de mecanismos para gestão dessas variáveis se torna de extrema importância. (ALOINI et al. 2012a).

A partir disso se estabelece a necessidade da gestão dos riscos, que tem como objetivo controlar e entender os fatores diretamente ligados ao projeto que podem influenciar no aumento ou diminuição dos resultados (Ritchie & Brindley, 2007).

Segundo Ritchie e Brindley (2007), o conceito de gestão de risco estabelece um conjunto de práticas e princípios, que tem como objetivo o auxílio

na identificação e análise dos riscos, com intuito de impedir problemas no processo ou até aumentar as chances de êxito. Os autores ainda definem três objetivos da gestão de riscos: diminuir a probabilidade de que um evento impacte negativamente no projeto; minimizar as consequências do impacto negativo do evento, uma vez que tenha ocorrido; e entender e analisar os fatores que levaram a ocorrência do evento.

Com a definição da gestão de risco o conceito de avaliação de riscos, tem consenso de ideias centrais entre os principais autores (NORRMAN; JANSSON, 2004). A Figura 5 apresenta a evolução do processo nos últimos anos, pois houve a adição de atividades as etapas originais. Como pode ser observado Aloini et al. (2012a), sua avaliação de riscos reúne uma maior quantidade de atividades, que foram influenciadas diretamente pela literatura voltada a aplicação prática como o PMI (2008) e o AS/NZS ISO 31000 (2009).

| Breve descrição das atividades / autores | White (1995); Williams et al. (2006) | Hallikase et al. (2004) | Boehm (1991) | Banneman (2008) | Aloini et al. (2012a) |
|---|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Definir os limites e o processo GR (as etapas, os resultados desejados, métodos, desempenho...) | | | | | Análise de contexto |
| Definir os parâmetros internos e externos do contexto onde o projeto será realizado | | | | Estratégia de GR | |
| Levantar os principais riscos que podem surgir ao longo do projeto | Identificação | Identificação | Identificação | Identificação | Avaliação |
| Definir de modo qualitativo e/ou quantitativo o impacto e as probabilidades de ocorrência dos riscos | Análise | Análise | Análise e Priorização | Análise | |
| Identificar relações entre os riscos (diretas ou através de categorias ligadas à origem de cada um deles) | | | | | |
| Comunicar a todos sobre a situação dos riscos | | | | | |

Figura 5 - Resumo dos processos de avaliação de riscos

Fonte: Adaptado de Marodin, Saurin & Fettermann (2014)

Com base nas premissas sobre riscos apresentadas, obtemos os riscos no processo de Implementação da Produção Enxuta (IPE), que pode ser definido por outros termos como dificuldades, impacto e barreira.

Baseando-se na literatura pesquisada, foi necessário selecionar os estudos que tivessem mais consistência e se complementassem em função das definições dos riscos da IPE proposta pelo PMI (Project Management Institute, 2004).

Marodin, Saurin & Fettermann (2014) propuseram um sistema com cinco fases para avaliação dos riscos na IPE sendo eles definir a unidade de análise; descrever as características do contexto e da IPE; identificar os riscos; analisar os riscos, com base nas evidências de como os riscos se manifestam; modelar as relações entre os riscos e como sofrem a influência do contexto. A partir disso os autores desenvolveram um conjunto de formulários e procedimentos para auxiliar na coleta e análise de dados, onde os formulários auxiliavam na adaptação dos procedimentos e conceitos utilizados para a avaliação de riscos.

A partir das análises realizadas nos estudos selecionados, foi selecionada uma lista com 18 (dezoito) riscos à IPE, que foi inicialmente elaborada por Marodin, Saurin & Caten (2015), e compilava todos os riscos presentes na literatura selecionada. Posteriormente houve a redução da lista, visto que houve sobreposição de alguns riscos, pois como explicado, autores utilizavam expressões diferentes para designar o mesmo assunto. Podemos utilizar como exemplo o conceito de Mathaise (2005), que aponta a aplicação das práticas *lean* isoladas, sem que se analise os impactos sistêmicos de cada prática, foi associada ao risco falta de conhecimento técnico das áreas de apoio (Sim & Rogers, 2008).

Após o refinamento dos riscos, foram obtidos 14 (quatorze), sendo estabelecidas evidências para cada um dele, apresentados na Tabela 5.

Evidenciamos que os riscos apresentados nos estudos são de caráter interno na IPE, contudo riscos externos como greve, paralisações, alterações em legislações, etc, também podem exercer impacto na IPE.

Riscos à IPE

R1 – Desmotivação dos envolvidos após as primeiras mudanças

Evidências: desinteresse das pessoas em participar de atividades ligadas ao processo após alguns meses ou anos do início do processo.

R2 - Falta de conhecimento das áreas de apoio (Engenharia, Manutenção e áreas dedicadas à PE) para orientar o andamento da IPE

Evidências: aplicação de práticas *lean* isoladas, sem integração ou visão dos impactos sistêmicos da implantação de cada prática. Insegurança e receio das áreas de apoio em orientar e aplicar práticas *lean*. Dificuldade em identificar quais as práticas necessárias e como devem ser implantadas.

R3 - Falta de recursos humanos e/ou financeiros destinados ao processo

Evidências: não destinar tempo suficiente para as pessoas realizarem atividades de treinamento e aplicação das práticas *lean*. Não destinar recursos financeiros suficientes para treinar os funcionários em *lean*.

R4 - Falta de clareza na comunicação para todos os funcionários sobre o início e o progresso da implantação

Evidências: não divulgar por meios oficiais os resultados alcançados, as atividades realizadas, os participantes do processo e os objetivos.

R5 - Dificuldades de comprovar o retorno financeiro das ações realizadas

Evidências: apego aos indicadores tradicionais que não apontam resultados como atendimento ao cliente, estoque em excesso, área liberada, entre outros. Priorizar ações de impacto em indicadores de curto prazo, sem valorizar melhorias qualitativas ou de maior resultado a médio e longo prazo.

R6 - Falta de apoio da média gerência

Evidências: a média gerência não cobrar prazos e resultados do processo, não disponibilizar tempo para esclarecer dúvidas e resolver problemas de implantação, ou não ter comprometimento com a aplicação das práticas *lean* e de seus benefícios.

R7 - Falta de apoio da alta direção

Evidências: a alta direção não controlar e auxiliar no andamento do processo, não vincular as ações às metas e aos objetivos do negócio, ou priorizar outras ações em detrimento daquelas que envolvam a IPE.

R8 - O nível operacional não apoiar a implantação

Evidências: operadores ou supervisores sem interesse em aplicar ou usar as práticas *lean*. Receio dos operadores e supervisores em manter o emprego, em função da IPE levar ao uso de menos recursos (operadores, estoque ou máquinas) para atingir as metas.

R9 - Insegurança dos operadores na realização de novas atribuições

Evidências: os supervisores e áreas de apoio não apoiarem os operadores na realização de melhorias, no trabalho em equipe, na padronização, no uso de quadros de acompanhamento da produção, ao chamado da cadeia de ajuda e na parada da produção. Os supervisores não respeitarem as ideias e sugestões de melhorias provenientes dos operadores. Não capacitar os operadores para estas novas atribuições.

R10 – A demissão de operadores em função do excesso de mão de obra gerado pelas melhorias implantadas

Evidências: após a realização de atividades de melhorias (ou *kaizens*) na fábrica, demitir os operadores que não são mais necessários pelos ganhos de produtividade alcançados. Demitir operadores de acordo com a oscilação da demanda.

R11 – Os operadores não se sentem responsáveis pelo uso das práticas *lean* e pela solução de problemas

Evidências: não envolver os operadores na realização de melhorias na fábrica e na implantação de práticas de PE. Falta de participação dos operadores no processo de implantação.

R12 - Os gerentes e diretores não terem o conhecimento suficiente sobre o *lean*

Evidências: dificuldade da alta e média gerência em estabelecer objetivos para implantação, acompanhar e garantir a utilização dos princípios e práticas *lean*. A alta e média gerência não guiar a IPE.

R13 – Não sustentar as melhorias a médio e longo prazo

Evidências: melhorias realizadas na aplicação de práticas ou solução de problemas que acabam retornando ao estado original após alguns meses. Não há um acompanhamento por meio de auditorias, nem padronização das melhorias.

R14 - Dificuldades na gestão do processo de implantação

Evidências: os responsáveis pelo processo não cobrarem prazos e acompanharem as atividades previstas. Falta de auditorias no andamento do processo. Falta de comprometimento com os prazos e objetivos do processo.

Tabela 5 - Riscos para IPE

Fonte: adaptado de Marodin, Saurin & Caten (2015) .

A implantação da produção enxuta é complexa, demorada e requer a alocação de uma quantidade substancial de recursos por parte de empresas (LIAN; VAN LANDEGHEM, 2007). Segundo Baker (2002) e Sohal e Eggleston (1994), através de pesquisas realizadas em vários países, concluíram que menos de 10% das empresas que começaram a implementação de um projeto de IPE e obtiveram maturidade em seus processos enxutos.

Com o baixo índice de empresas que obtém sucesso na implementação da produção enxuta, pois não há uma fórmula que irá servir para todas as empresas – cada modelo é único e depende do contexto no qual a empresa atua.

Saurin, Ribeiro e Marodin (2010), realizaram diversas pesquisas relacionadas a IPE, inicialmente se analisou as principais razões para adotar a produção enxuta na empresa e se obteve Figura 6.

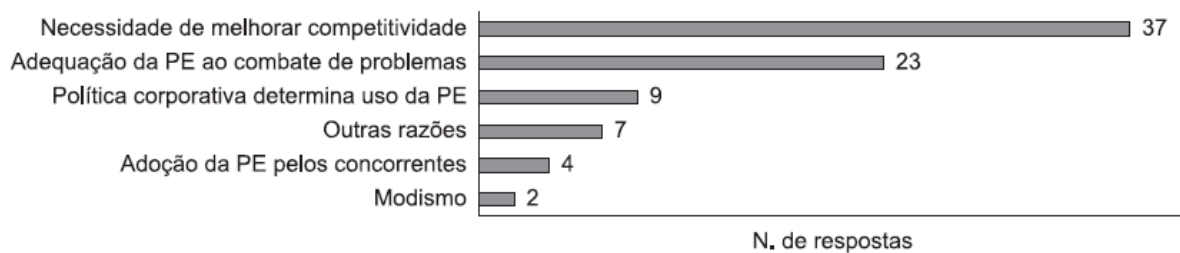


Figura 6 - Principais razões para adotar a Produção Enxuta

Fonte: Saurin, Ribeiro e Marodin (2010).

Segundo LIKER (2004), a convicção e motivação para adotar a filosofia lean, buscando sua métrica de melhoria contínua e visão a longo prazo, são os pontos que irão garantir a manutenção da implementação mesmo com eventuais problemas e perdas no curto prazo. Os pontos principais para sua utilização são a adequação da produção enxuta para resolução de problemas críticos da produção e a necessidade de aumentar a competitividade.

Partindo das razões para se adotar a produção enxuta, Saurin, Ribeiro e Marodin (2010) apresentam o resultado as principais dificuldades enfrentadas durante o IPE, presente na Figura 7, onde destaca-se o domínio de dois itens, resistência das pessoas às mudanças e dificuldade em adaptar conceitos e práticas. Os fatores de maior ascendência comprovaram as maiores dificuldades na pesquisa realizada pelo *Lean Enterprise Institute* (2007).

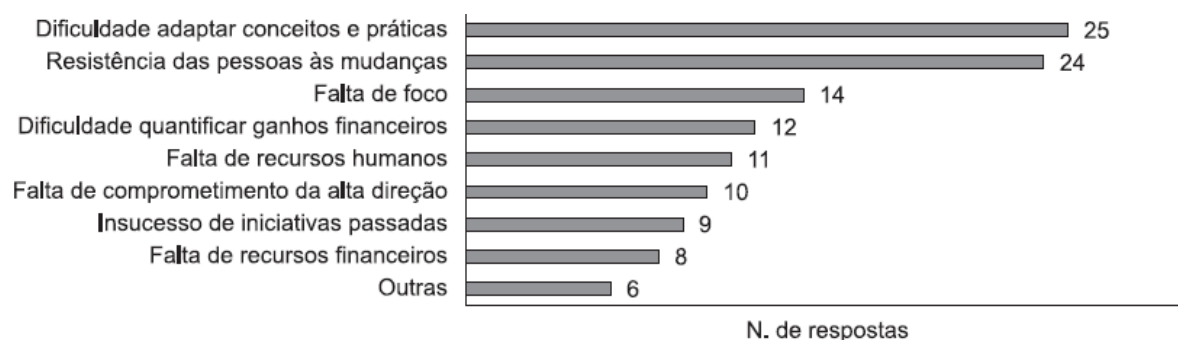


Figura 7 - Principais dificuldades para implantar a produção enxuta

Fonte: Saurin, Ribeiro e Marodin (2010).

Observou-se a necessidade de definir a relação entre eficiência e eficácia da implementação, unido ao conhecimento de gestores e operadores da aplicação e execução das práticas enxutas. Verificou-se também na literatura que mesmo com os envolvidos na utilização e implantação da produção enxuta tenham recebido educação formal sobre produção enxuta na empresa, cursos ou faculdades, observou-se interpretação equivocada, desconhecimento ou diferentes interpretações de conceitos principais da produção enxuta, como por exemplo, produção puxada e kaizen.

Por fim, é de extrema importância de investigar como os fatores humanos vem sendo considerados, pois os estudos mostraram pouca atenção dedicada a integração da produção enxuta com outras áreas da empresa, tais como, segurança, saúde e meio ambiente, alto nível de dedicação e interessa da equipe de implantação em ampliar conhecimentos cultura enxuta. Uma vez que para que a produção enxuta se mantenha ativa são necessárias mudanças nos valores e atitudes de todos os envolvidos. A resistência das pessoas às mudanças como uma das principais barreiras para a implantação da produção enxuta (Saurin, Ribeiro e Marodin, 2010).

2.6 CONSTRUÇÃO CIVIL

O crescimento em ritmo acelerado da população mundial ao longo das ultimas décadas é impulsionado pela revolução industrial e a partir disso com o aumento da urbanização. A Divisão das Nações Unidas, publicou em 2014 uma

edição do relatório “Perspectivas da Urbanização Mundial” (World Urbanization Prospects) para o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (DESA) explanando a velocidade com que o processo de urbanização vem avançando nas últimas décadas, pois em 1950 mais que 70% da população mundial viviam em área rural e menos que 30% em áreas urbanas, mas já em 2014, a população urbana mundial cresceu para 54%.

A construção civil é um importante indicador de desenvolvimento econômico e social, no qual em períodos de crise alimenta a economia, pois gera bilhões anualmente por se tratar de um dos mais importantes segmentos da indústria brasileira (MACHADO, 2015). Em função disso é responsável pelo consumo de 44% da energia e 75% dos recursos produzidos no país (Fundação Dom Cabral, 2013).

Esses números representam a força que o setor possui no país, pois segundo a Fundação Dom Cabral (2013), o setor é responsável por gerar 40% dos resíduos sólidos pela atividade humana no país e ainda um terço da geração de gases de efeito estufa devido ao uso de cimento e aço. Essas informações evidenciam a necessidade do planejamento do uso de recursos conscientes e assertivos, evitando desperdício e com máximo aproveitamento, pois os impactos gerados afetam diretamente as pessoas, o mercado econômico e a qualidade do serviço. Ou seja, se faz necessária a tentativa de inserção de nova metodologia para desenvolver uma tendência no mercado, onde se controle os riscos e minimize desperdícios, onde o mercado irá gerar possibilidade de novos investimentos e práticas construtivas.

Segundo Rocha e Castro (2013),

o processo construtivo é formado por um conjunto de atividades multidisciplinares, de um cronograma sequencial. Assim, gerenciá-lo significa utilizar recursos materiais, financeiros e humanos.” Ou seja, o planejamento vai muito além da preparação de um cronograma de atividades, ele é responsável por todo controle e execução de cada atividade relacionada ao ciclo de vida operacional que envolve um empreendimento desde sua concepção até o período pós-apropriação. O planejamento é visto como uma função de apoio às micro e macro atividades de um escopo de trabalho, é um método de decisão adotado, cujo objetivo é reduzir custos e o tempo de execução dos projetos, bem como as suas incertezas e facilitar o processo de tomada de decisão

Partindo dos conceitos da construção civil, uma das principais áreas de atuação é em construção de edifícios, onde o conceito da mesma diretamente

ligado a construções multifamiliar, as quais são destinadas a habitação permanente, correspondendo a mais de uma habitação por lote.

A mesma pode ser voltada tanto para famílias de renda baixa, média ou alta, em função disso parte dessas unidades habitacionais podem ter a participação do estado (governo), por meio de subsídios, incentivos, financiamento e legislação, associado a iniciativa privada com a concepção da execução dos empreendimentos, projetos habitacionais e comercialização das unidades (Pereira e Silva, 2007).

Dentro dos vários conceitos, Brasil (2003) indica que o universo habitacional é vinculado a forma de construir, ou seja, material de construção, terreno, tamanho, etc. A partir disso a definição de habitação popular, descreve a seguinte caracterização:

- Ter condições mínimas de habitabilidade, solidez estrutural; área construída as condições adequadas de uma família média, serviços de água, esgoto, drenagem, energia elétrica, insolação e ventilação adequados, habitantes podem ter acesso a áreas livres, recreativa e a serviços de educação, saúde e cultura;
- Sua produção é possível considerando o nível de desenvolvimento das forças produtivas de trabalho alcançado pela sociedade no setor da construção;
- É reconhecida como padrão de habitação “aceitável” pelo conjunto de sociedade, como por instituições e pelo estado através de seus programas;
- A classe operaria e trabalhadora assumem como “padrão” de suas reivindicações e aspirações.

Tais premissas justificam a necessidade de aplicação de métodos e tecnologias que controlem os riscos e barreiras que dificultem um maior volume de construções buscando maior qualidade, gerando menos resíduos e com menor desperdício, tornando assim mais acessível aos construtores e consumidores.

2.7 FERRAMENTAS DA ESCALA LIKER E MENSURAÇÃO

A escala Likert é uma das escalas de verificação mais utilizada em pesquisas que buscam e necessitam os percepções e opiniões de colaboradores. A ferramenta se propões a resultados baseados sentimentos e percepções das pessoas, situação que pode não em algumas vezes representar resultados não sejam totalmente reais. Em função disso, a aplicação da pesquisa deve ser realizada de maneira assertiva, tanto na escolha dos entrevistados quanto na montagem das perguntas, pois quando possível, validem as respostas anteriores e com isso todo o questionário, gerando assim resultados confiáveis. (LI, 2013)

2.7.1 – Escala de Mensuração

Para a validação dos dados da pesquisa ou questionário aplicado é necessária a validação dos dados para que se possa avaliar os resultados. Para que se realize a validação dos dados obtidos é necessário que se utilize um modelo de escada de mensuração. A qual é composta por um conjunto de indicadores, regras e escala de verificação. (COSTA, 2011)

Os indicadores são elementos de conteúdo que asseguram a validação do objetivou e/ou conceito do questionário/pesquisa na escala de mensuração. A escala de mensuração envolve números diretamente associados a indicadores para sua medição, sendo os níveis de concordância (1 até 5; 1 até 7; 1 até 10). A partir disso se estabelece as regras e termos para o uso, aplicação e interpretação da escala, ou seja, define os níveis de avaliação da questão, baixa ou alta importância. (SILVA JÚNIOR, 2014).

Segundo Costa (2011), existem diversos tipo de escala de verificação, contudo para esse trabalho optou-se pela escala Likert, por ser a mais utilizada para pesquisas de opinião e por ser de fácil manuseio, tanto para as pessoas que respondem, emitindo um grau de concordância sobre a afirmação quanto para a posterior análise dos resultados.

2.7.2 – Escala Likert

Criada por Rensis Likert em 1932, a escala de Likert, em pesquisas e questionários que seja necessário opiniões é considerada a escala mais utilizada. Ou seja, a ferramenta é aplicada com base em uma pesquisa/questionário e necessita que as pessoas respondam se acordo com sua opinião, onde os entrevistados indicam níveis que concordância de acordo com as afirmações ou perguntas que são apresentadas. (LI, 2013)

Segundo Likert (1932), desenvolvida originalmente no ano de 1932, a escala define cinco pontos e não utiliza categorias para respostas alternativas para as respostas. Essa escala pode ser nomeada de acordo com o nível de discordância ou concordância e até mesmo a variação entre elas. Contudo a definição dos pontos e quesitos da escala dependera do que será medido no questionário.

Viera e Dalmoro (2008) a escala Likert de cinco pontos é a original, contudo existem classificações paralelas a tradicional de cinco pontos, onde possuem mais pontos e quando aplicados seus resultados são satisfatórios. Nos casos onde possuam mais de cinco pontos se define como escala tipo Likert. (JOSHI et al., 2015).

Para a criação de um questionário ou pesquisa com a utilização da escala Likert, necessita de planejamento específico e pontual para que se obtenha resultados de maneira confiável e satisfatória para com isso seja possível obter as considerações e conclusões adequadas. (KRZYCH et al., 2018).

A partir disso se faz necessário para a criação das pesquisas ou questionários que sejam utilizadas a metodologia da escala Likert, onde o mesmo precisa de atenção do pesquisador onde as perguntas devem ser claras e objetivas não deixando margem para dupla interpretação, além da coerência e do alinhamento com as alternativas de resposta. (COLLINGS, 2006).

A utilização de maneira bem planejada da escala Likert, deve ser mensurada de maneira simples e com termos claros par com isso obter os resultados que declarem a opinião, atitude ou crença do entrevistado. (Li, 2013)

Para a elaboração do questionário para esta pesquisa foi utilizada a metodologia original da escala *Likert* com cinco pontos. Iniciando em muito baixo até muito alto.

3 METODOLOGIA

O conceito de método apresenta o caminho ou as maneiras/modos de proceder a fim de atingir o objetivo definido, já o conceito de metodologia representa uma ciência que estuda os melhores métodos a serem utilizados para produção do conhecimento. Este capítulo aborda os elementos que constituem a metodologia utilizada na pesquisa.

Inicialmente é apresentada a classificação da pesquisa e em seguida as etapas necessárias para a realização dos objetivos propostos, visando o objetivo geral que é analisar os métodos de aplicada da produção enxuta e da Indústria 4.0 além dos fatores de risco de suas implantações na construção civil, especificamente. Contemplando a classificação da pesquisa, suas etapas de pesquisa e do processo utilizado para a revisão sistemática da literatura (RSL).

3.1 CLASSIFICAÇÃO

Para realização desse trabalho serão utilizados dois tipos de pesquisa a revisão bibliográfica da literatura que abrangerá referências e conceitos dos temas. Foi utilizado também o método revisão sistemática da literatura, o qual consiste em uma sequência de etapas que minimizam o possível viés dos trabalhos selecionados por um processo de exploração exaustiva da literatura. Tem como objetivo reunir, de forma transparente, material publicado em determinado tema (THOMAS; HARDEN, 2008; PETTICREW; ROBERTS, 2006). O mesmo irá apresentar os principais estudos nos últimos anos através de uma pesquisa pautada na metodologia de pesquisa apresentada a seguir.

Silva e Menezes (2005) propõe uma divisão que contempla cinco aspectos metodológicos, são eles quanto a natureza da pesquisa, a forma de abordagem, os objetivos, procedimentos técnicos e o raciocínio. A Figura 8 apresenta resumidamente as características.

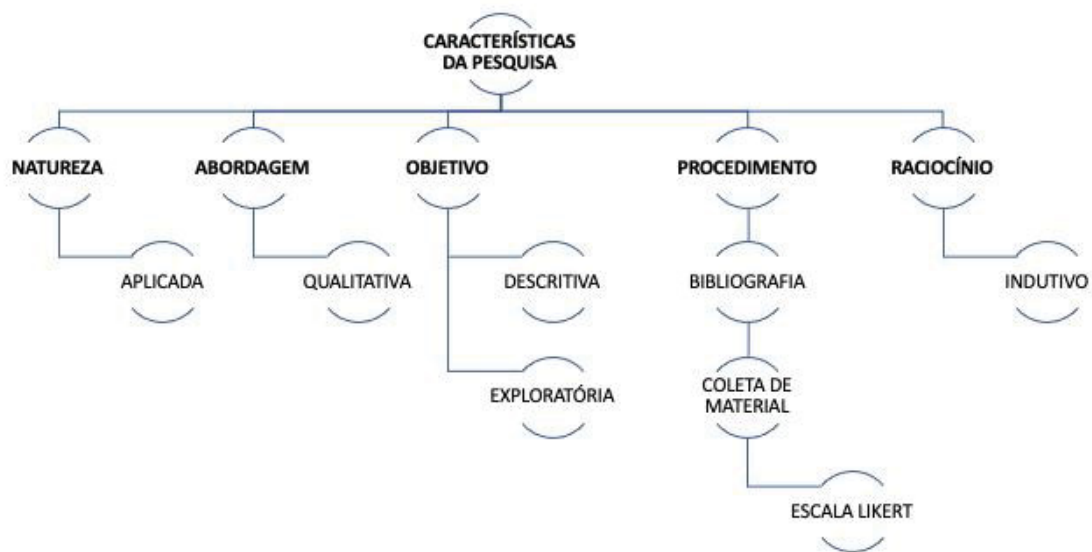


Figura 8 - Características da pesquisa

FONTE: O Autor (2021).

De acordo com o conceito proposto por Silva e Menezes (2005), a primeira característica é quanto a natureza da pesquisa, que foi definida como aplicada por se tratar de estudos direcionados a solução de problemas e a aplicação prática. Ainda o raciocínio indutivo deriva de observações de casos da realidade concreta (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1993).

Já o segundo aspecto trata da forma de abordagem de pesquisa qualitativa pois não apresenta etapas engessadas, ou seja, o pesquisador tem liberdade para desenvolver o estudo de forma que julgar adequada, desde que esteja estruturado de maneira a ser aprovado pela comunidade científica (MASCARENHAS, 2012).

Seguindo a sequência o terceiro aspecto são os objetivos que tratam da pesquisa exploratória que segundo MARCONI; LAKATOS, (2003) que visa proporcionar maior familiaridade com o problema de modo a torná-lo mais explícito, também é possível classificá-la quanto ao seu procedimento técnico como bibliográfica e estudo de caso, pois é desenvolvida por material já publicado. Ainda Matias-Pereira (2019) indicam que o estudo busca adquirir maior conhecimento e embasamento sobre temas pouco estudados, devendo ser considerado como primeiro passo do estudo. Ainda dentro dos objetivos será

utilizada a pesquisa descritiva, a qual tem objetivo de descrever o estabelecimento de relações entre variáveis e características de uma população, de maneira geral uma maneira de levantamento Gil (2018).

Procedimento técnico é o quarto aspecto onde teremos dois itens a serem utilizados. O primeiro deles é a pesquisa bibliográfica, que é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros e artigos. Pesquisa experimental é o segundo item a ser abordado, sendo que a partir do momento que se determina um objetivo do estudo, existem variáveis capazes de influenciá-lo, e são definidas formas de controle e de observação dos efeitos que a variável é capaz de criar (HIN, 2017). Ainda iremos abordar o procedimento técnico levantamento, pois existe uma necessidade de se caracterizar o comportamento das pessoas em determinadas situações estudadas. (Gil, 2018)

Por fim, o último aspecto selecionado é a linha de raciocínio, o método indutivo segundo Marconi e Lakatos (2019), apresenta uma estrutura lógica à investigação pois é uma maneira de desenvolver o raciocínio em função de dados particulares, indicam também que os argumentos indutivos levam a conclusões cujo se todas as premissas são verdadeiras, a conclusão final deve ser verdadeira.

Sintetizando as etapas da revisão sistemática de literatura, de maneira geral são: escolha do tema a ser pesquisado; definição dos termos ou palavras chave (strings); definição a das bases de dados que serão executadas as pesquisas; definição dos critérios de seleção e exclusão do material selecionados; e por fim a aplicação dos filtros escolhidos.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A definição do problema e dos objetivos da pesquisa compreendem a primeira etapa do estudo, contemplando ainda a revisão bibliográfica que embasa o desenvolvimento e apresenta a relevância do tema e uma breve apresentação do tema. Seguindo para segunda etapa, apresentamos as características centrais dos termos abordados pela revisão da literatura.

Com base nisso, pode-se dizer que a terceira etapa da presente pesquisa possui como ponto principal a análise dos fatores de risco da aplicação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de produção enxuta na

construção civil. A revisão de literatura da mesma, por sua vez, relaciona temas como a produção enxuta, indústria 4.0, fatores de risco de implementação da indústria 4.0, fatores de risco de implementação da produção enxuta e por fim construção civil no âmbito de habitações populares.

A quarta e última etapa estão voltadas definição e dos riscos de aplicação da indústria 4.0 e da produção enxuta na construção de casas populares e partir disso criação uma matriz que avalie os riscos e impactos da implementação.

Para facilitar o entendimento das fases citadas, a Figura 9 apresenta um fluxograma.



Figura 9 - Etapas da pesquisa

FONTE: O Autor (2021).

3.3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Segundo Afonso et al. (2011) a revisão da literatura ocupa uma posição introdutória para o desenvolvimento do projeto de pesquisa com o objetivo de apresentar o conhecimento técnico já estudado sobre o tema. Para que possa realizar o estudo científico, em primeiro lugar o pesquisador deve encontrar matérias para o embasamento.

O conceito de revisão sistemática da literatura (RSL), indica uma sequência de etapas para encontrar e definir os documentos nas bases de dados científicos da literatura, utilizando também análises como reconhecimento da comunidade científica, através de citações em outros artigos. Ou seja, busca encontrar filtrar a pesquisa para encontrar as principais publicações e pesquisas relacionadas ao tema, para que com isso forneça os conceitos e aplicações para o embasamento teórico do trabalho (BRYMAN, 2016).

Segundo Ensslin et al (2010) a metodologia *ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist)* é formada por quatro etapas a serem seguidas para adquirir o conhecimento, sendo elas:

- 1 – Seleção do portfólio bibliográfico que proporcionará a revisão de literatura;
- 2 – Análise bibliométrica do portfólio bibliográfico;
- 3 - Análise sistêmica do portfólio bibliográfico;
- 4 - Elaboração dos objetivos de pesquisa.

O início da aplicação da metodologia passa pela iniciativa do pesquisador sobre se aprofundar em um tema, com a busca de conceitos, definição de limitações e de restrições para a pesquisa no contexto acadêmico, selecionando o material acadêmico relevante com o objetivo de fundamentar seu trabalho.

Para a implementação da revisão sistemática da literatura é necessário a definição de uma série de procedimento e etapas sequenciais que passam desde a definição das premissas de busca do material, passando pelos procedimentos definidos para o estudo, até os filtros e critérios para inclusão e exclusão. Apresentamos de maneira resumida as etapas da metodologia na Figura 10.

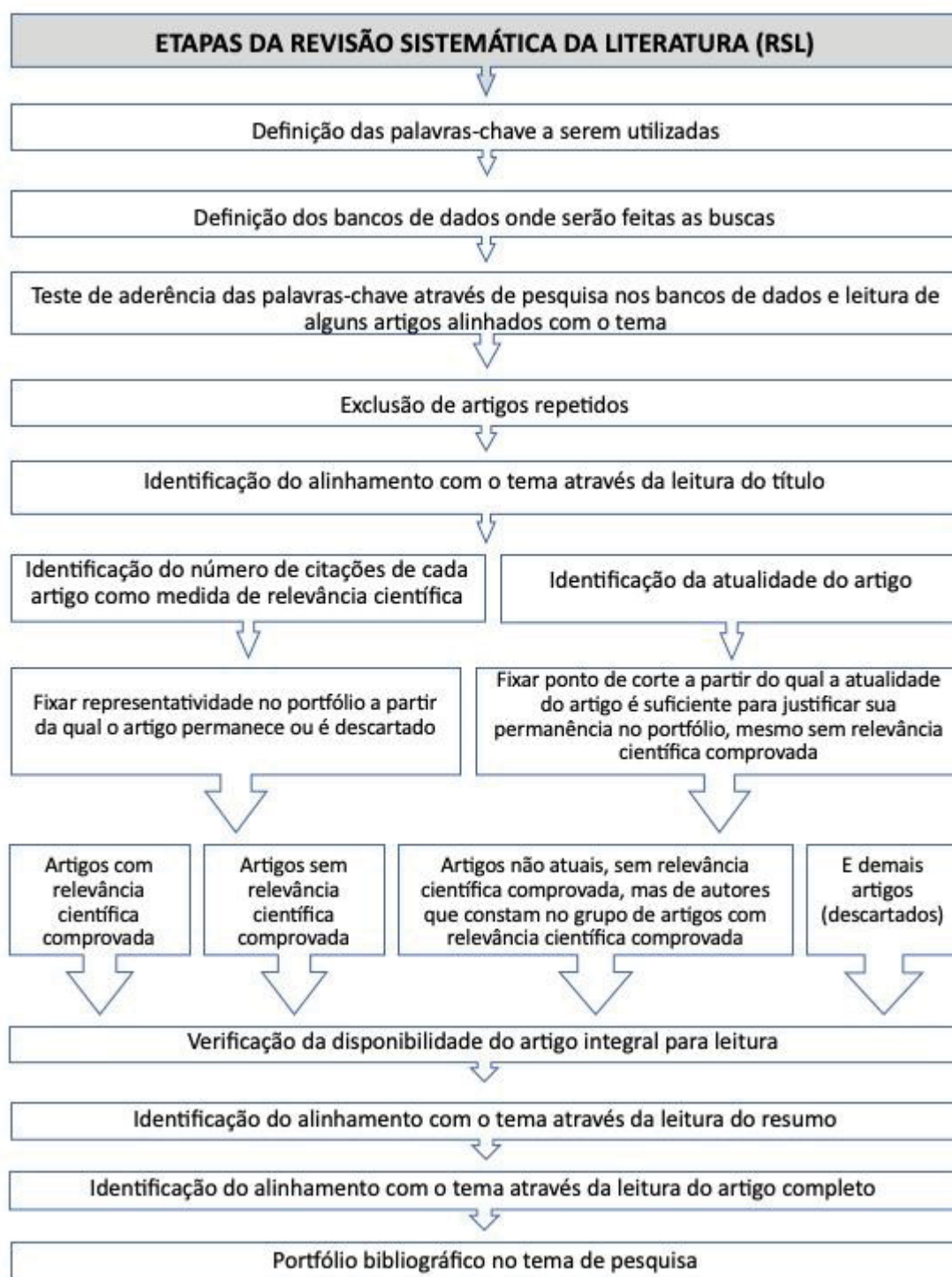


Figura 10 - Etapas da revisão sistemática da literatura

FONTE: O Autor (2021).

No que se refere à base de dados para a revisão sistemática da literatura, foram escolhidas “Scopus”, “Science Direct” e “Google Acadêmico” foi selecionada na segunda etapa do estudo pois contém o maior número de

publicações sobre o tema em questão. Os termos de pesquisa, ou *strings* de busca (quadro 1), foram definidos em seguida e utilizados de forma concatenada com o objetivo de selecionar estudos contendo todas as palavras citadas.

As pesquisas da revisão sistemática da literatura foram realizadas separadamente, com cada um dos quatro temas abordados acima, os temas que possuem mais de uma palavra / expressão na Tabela 6.

| Pesquisa | Termos de busca (Strings) |
|----------------|--|
| 1 ^a | "Industry 4.0" |
| 2 ^a | "Lean manufacturing" |
| 3 ^a | "Risk" and "implementation" and "industry 4.0" |
| 4 ^a | "Risk" and "implementation" and "Lean manufacturing" |

Tabela 6 - Termos de busca.

Fonte: O autor (2021)

O idioma de consulta foi o inglês, por apresentar o maior número de resultados para os temas em questão. Com relação aos critérios para o refinamento da pesquisa, estabeleceram-se publicações de 2014 a 2020 e trabalhos com maior número de citações.

Como critério de inclusão foram selecionados, além dos trabalhos com maior número de citações em outros trabalhos, trabalhos de maior relevância e que tivessem o mesmo objetivo de estudo relacionado aos temas, tendo sido contemplados trabalhos em inglês e português. Foram também analisados os resumos de cada trabalho selecionado para a confirmação de que os mesmos teriam relevância para o projeto. Já como critério de exclusão, foram desconsiderados os trabalhos em duplicidade, artigos que não possuíam os termos de busca pré-estabelecidos na pesquisa como um todo e os que não apresentavam afinidade com o tema em questão.

A terceira etapa da pesquisa abrange a coleta de dados, desenvolvida a partir da análise bibliográfica e documental, com o objetivo de avaliar os riscos da implementação de métodos e ferramentas da indústria 4.0 em ambiente de produção enxuta na construção civil.

Os resultados obtidos nas bases de dados foram os apresentados na Tabela 7.

| Pesquisa | Termos de busca | Scopus | Science Direct | Google Acadêmico |
|----------------|--|--------|----------------|------------------|
| 1 ^a | Indústria 4.0 | 9.171 | 6.028 | 53.400 |
| 2 ^a | Produção Enxuta | 2.292 | 959 | 20.400 |
| 3 ^a | Fatores de risco da implementação da indústria 4.0 | 95 | 7 | 14.700 |
| 4 ^a | Fatores de risco da implementação da produção enxuta | 28 | 1.276 | 7.900 |

Tabela 7 - Dados obtidos pelas pesquisas em cada base de dados.

Fonte: O autor (2021)

A análise dos resultados obtidos compreende a quarta e última etapa do estudo, tendo como objetivo a comparação de dados e o cruzamento das informações obtidas para que sejam feitas análises qualitativas e quantitativas a fim de solucionar o problema da pesquisa em questão.

3.4 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada uma pesquisa baseada nos itens fundamentados nas informações fornecidas e extraídas da revisão sistemática de literatura, ou seja, de acordo com os itens de maior relevância que apresentem riscos, impactos, barreiras e dificuldades para implementação de ferramentas e métodos da indústria 4.0 e da produção enxuta em diversos tipos de empresas.

A partir do levantamento desses fatores de risco, os mesmos foram compilados e criadas perguntas com respostas de múltipla escolha de acordo com a escala de Likert que tiveram como objetivo validar e gerar informações necessárias.

Com a definição da estrutura e das perguntas de pesquisa, foi desenvolvido um formulário no *google forms*, o qual foi dividido em 3 etapas. A primeira buscando os dados pessoais, com o objetivo de distinguir os cargos, idade e a empresa que trabalham, para definir o padrão da construção.

Em seguida, a segunda etapa teve como objetivo validar a utilização dos conceitos enxutos pela empresa, seu verificar o grau de utilização e investimento nas técnicas e processos para os funcionários, e por fim, verificar as dificuldades da implantação e utilização das metodologias enxutas.

Já a terceira etapa, pode ser dividida em 2 partes. A primeira com objetivo de verificar o conhecimento dos conceitos da indústria 4.0 e a utilização das tecnologias dentro da empresa. Já a segunda parte, teve o foco de análise dos riscos e impactos específicos de sua aplicação.

Com a definição do questionário e de seu público alvo, foram selecionadas empresas do ramo de construção civil, que atuam na execução de edifícios e que se definem como adeptas e usuárias dos conceitos enxutos, os quais que posteriormente foram validadas através do questionário.

Posteriormente foi realizado o convite para profissionais vinculados as empresas selecionadas, que possuem cargos de gerentes, engenheiros, arquitetos, analistas, diretores e proprietários, convidando e explicando a sua importância e o motivo do mesmo ter sido selecionado.

No momento que foram compiladas todas as respostas, se realizou um levantamento estatístico dos questionários e a partir disso, uma análise estatística onde se validou as respostas e se obtiveram os fatores de risco da indústria 4.0 em um ambiente de produção enxuta na construção civil.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados da pesquisa, onde inicialmente estão tabelados os riscos e barreiras da implantação da produção enxuta e posteriormente os riscos e características da implementação da indústria 4.0.

Como explicado anteriormente houve uma sequência de revoluções industriais onde uma foi pautada na anterior, sendo assim, inicialmente apresentamos os riscos da implementação da produção enxuta pois os riscos da implementação da indústria 4.0 necessitam de um ambiente enxuto para que tenham os melhores resultados e atendam corretamente ao que foram estabelecidos.

Em sequência estão dispostas as informações e resultados referentes ao *survey* por meio do questionário realizado com os profissionais das empresas selecionadas do setor da construção civil, e o tratamento dos dados realizados.

4.1 RISCOS DA IMPLANTAÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION*

A partir do material encontrado na revisão sistemática da literatura foi possível caracterizar e conceituar os riscos de implementação do *Lean Construction*, conforme Tabela 8.

| n | Riscos |
|----|---|
| 1 | Desmotivação dos envolvidos após as primeiras mudanças |
| 2 | Falta de conhecimento das áreas de apoio (Engenharia, Manutenção e áreas dedicadas à PE) para orientar o andamento da IPE |
| 3 | Falta de recursos humanos e/ou financeiros destinados ao processo |
| 4 | Falta de clareza na comunicação para todos os funcionários sobre o início e o progresso da implantação |
| 5 | Dificuldades de comprovar o retorno financeiro das ações realizadas |
| 6 | Falta de apoio da média gerência |
| 7 | Falta de apoio da alta direção |
| 8 | O nível operacional não apoiar a implantação |
| 9 | Insegurança dos operadores na realização de novas atribuições |
| 10 | A demissão de operadores em função do excesso de mão de obra gerado pelas melhorias implantadas |
| 11 | Os operadores não se sentirem responsáveis pelo uso das práticas <i>lean</i> e pela solução de problemas |

| | |
|----|---|
| 12 | Os gerentes e diretores não terem o conhecimento suficiente sobre o <i>lean</i> |
| 13 | Não sustentar as melhorias a médio e longo prazo |
| 14 | Dificuldades na gestão do processo de implantação |

Tabela 8 - Riscos para implantação da produção enxuta.

FONTE: O Autor (2021)

Com as informações encontradas na literatura, foram observados os riscos de implantação da produção enxuta em vários tipos de indústria, os mesmos foram filtrados e agrupados por nomenclaturas diferentes, mas que tinham o mesmo objetivo. A partir dessa composição foi realizada a validação das empresas e dos riscos para aplicação na construção civil, especificamente na construção de edifícios, por meio de pesquisa com profissionais que atuam ou já tenham atuado em empresas que utilizam os conceitos enxutos em edifícios.

4.2 RISCOS DA INDÚSTRIA 4.0

Da mesma maneira que o item anterior, a partir da revisão sistemática da literatura, se obteve os seguintes resultados, que estão apresentados na Tabela 9.

| GRUPO | SUBCATEGORIA | RISCOS |
|-------------------|--------------------|---|
| Econômicos | Financeiro | <ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de implantação • Retorno financeiro incerto |
| | Planejamento | <ul style="list-style-type: none"> • Imprecisão na implantação • Auto-sabotagem (cadeia de valor) • Planejamento da cadeia suprimentos |
| | Mercado | <ul style="list-style-type: none"> • Concorrência • Intervenções negativas dos clientes • Dificuldade de aceitação do cliente |
| Sociais | Capital Humano | <ul style="list-style-type: none"> • Falta de mão de obra qualificada • Resistência a mudança • Integridade física dos funcionários • Problemas psicossociais |
| | Sociedade | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento da desigualdade e tensão social • Perda de posições no trabalho |
| | Ética e Legalidade | <ul style="list-style-type: none"> • Inteligências artificiais antiéticas • Invasão de privacidade |
| Ambientais | Recursos Naturais | <ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo de recursos naturais • Alto consumo de energia |

| | | |
|---------------------|----------------------|--|
| | Controle de Poluente | <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de lixo eletrônico e resíduos • Aumento no consumo de combustíveis |
| Tecnológicos | Técnico | <ul style="list-style-type: none"> • Interferência de sinais • Incapacidade técnica da rede • Falta de interoperabilidade • Caos tecnológico |
| | Segurança de Dados | <ul style="list-style-type: none"> • Ataque Cibernético • Divulgação de dados privados |
| | Gestão de dados | <ul style="list-style-type: none"> • Análise ineficaz de dados • Dados de má qualidade |

Tabela 9 - Riscos da implantação da indústria 4.0

FONTE: O Autor (2021)

Na análise da síntese dos riscos da implantação da indústria 4.0, por se tratar de uma revolução pautada na integração de tecnologias, era esperado que a maioria dos riscos estivessem presentes no grupo tecnológicos, contudo o grupo que apresentou maior número de riscos foi o econômico, mostrando que o fator econômico deve ser a maior barreira inicial para a aplicação dos métodos e ferramentas.

Mesmo que se entenda que para a aplicação da tecnologia são necessários recursos financeiros e em função disso foi encontrado um maior número de riscos econômicos, o grupo social apresentou o mesmo número de riscos que o grupo tecnológico, evidenciando diretamente os fatores humanos na aplicação da indústria 4.0 passando tanto pela necessidade de treinamentos e falta de mão de obra qualificada, quanto ao tratamento de resistência a mudanças e a apreensão da perda de postos de trabalho. Podendo ser definido como o grupo que requer um maior cuidado durante todo processo.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram obtidos 32 resultados durante a aplicação do questionário, os profissionais selecionados são funcionários de empresas onde os conceitos da produção enxutas são aplicados em diversas áreas de diferentes formas. As respostas utilizaram a escala de Likert onde as respostas variam de 1 à 5 sendo 1 muito baixo e 5 muito alto.

Os 32 profissionais que responderam ao questionário representam 23 empresas de construção civil que constroem edifícios, onde foi constatado que

todas estão definidas entre médio e alto padrão e tem atuação na cidade de Curitiba.

Inicialmente houveram perguntas com o intuito de levantar o nível de entendimento, aplicação e validação dos conceitos enxutos nas empresas. A partir disso os itens 5 a 11 são referentes a produção enxuta dentro das empresas para que se possa criar uma relação posterior com as premissas que podem ser diretamente proporcionais para aplicação das tecnologias da indústria 4.0.

Como pode ser observado no Figura 11, 96,9% das empresas tem uma busca por aplicação de técnicas enxutas a partir de um nível médio, alto e muito alto sendo que 75% têm uma busca alta e muito alta.

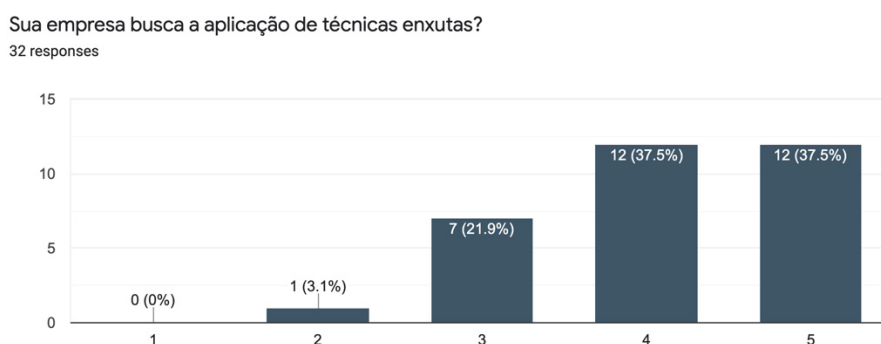


Figura 11 - Resultado da pergunta do questionário.

Fonte: O Autor (2021)

Mesmo que as empresas busquem a aplicação, é necessário que os conceitos enxutos sejam parte dos objetivos e processos da empresa, a partir disso buscando confirmar que existe essa iniciativa foi validada a partir do Figura 12 que apresenta que 93,8% da empresa buscam a melhoria continua de seus processos de maneira alta ou muito alta.

Sua empresa tem como foco a melhoria continua?

32 responses

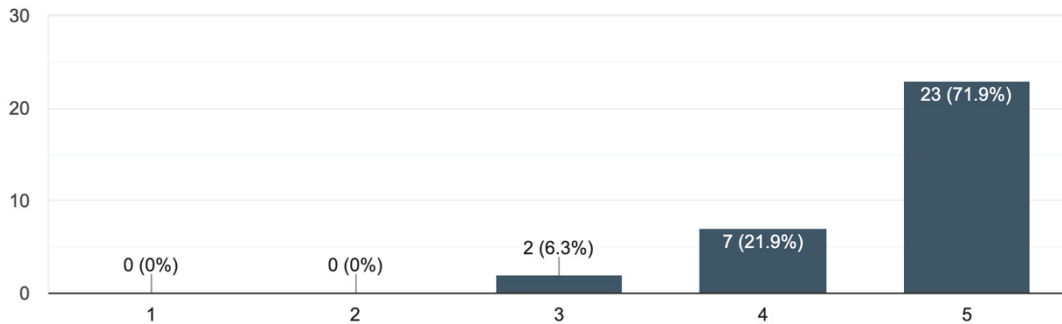


Figura 12 - Resultado da pergunta do questionário.

Fonte: O Autor (2021)

Seguindo a linha da questão anterior, a partir do momento que comprovamos o foco das empresas na melhoria continua, buscamos analisar o grau de aplicação que essas empresas inserem dentro dos processos.

É possível observar que o investimento em treinamentos e cursos apresentaram em sua maioria das respostas de nível razoável para baixo. Contudo, também ficou evidenciado que a busca por consultorias em técnicas enxutas e pedidos da diretoria tiveram seus resultados em sua grande maioria entre alto e muito alto. Conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Qual o grau de aplicação das práticas enxutas (lean) aplicadas pela sua empresa ?

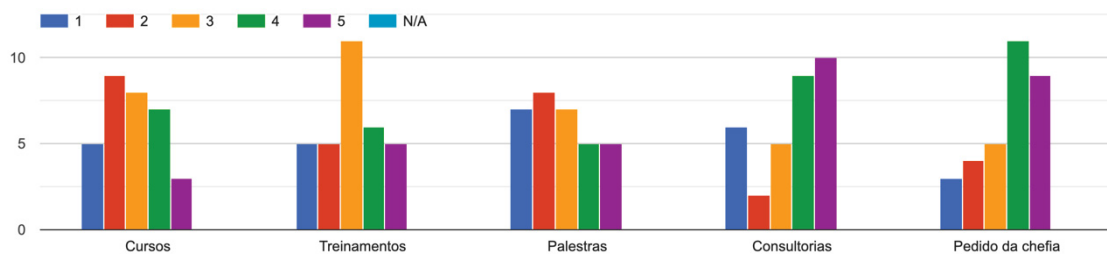


Figura 13 - Resultado da pergunta do questionário.

Fonte: O Autor (2021)

Com isso, foi analisada o entendimento dos colaboradores da necessidade ou motivo das empresas buscarem aplicar as técnicas enxutas e a maioria das respostas foram a adoção pelos concorrentes e o modismo, ou seja, basicamente entendemos que em função de estar se tornando uma busca comum entre as empresas do ramo da construção, as outras estão seguindo a mesma linha e não necessariamente entendem que seja necessária a mudança de pensamento e posicionamento.

Na mesma linha, quando se coloca em prática a implementação dos conceitos enxutos, se buscou o grau de dificuldade do trabalho e a adaptação aos conceitos e práticas foi o ponto principal no grau alto. Contudo os pontos que nos chamaram muito a atenção foi o índice de grau de dificuldade muito baixo quando questionados sobre a falta de comprometimento da alta direção e o insucesso de tentativas passadas, situação que mostra a existência de apoio por parte dos gestores.

E com todas as indagações e direcionamentos do questionário pra finalizar a primeira parte referente aos conceitos enxutos, buscamos o grau de benefício dessas aplicações nas empresas, onde tivemos o seguinte resultado apresentado na Figura 14

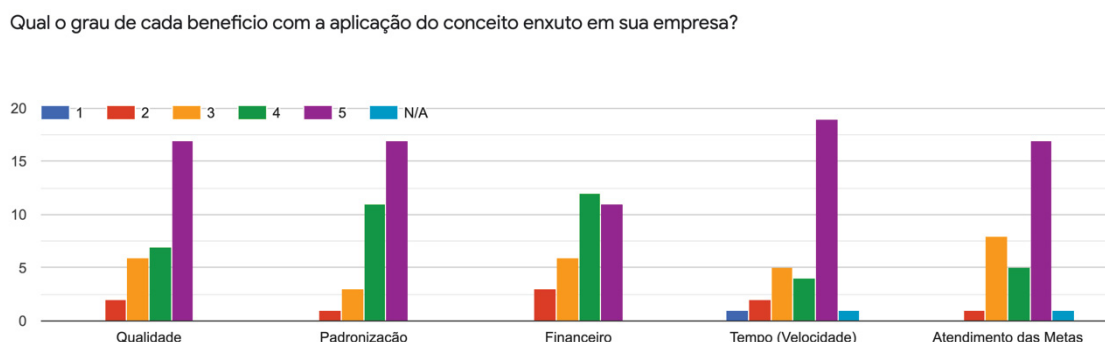


Figura 14 - Resultado da pergunta do questionário.

Fonte: O Autor (2021)

Onde como pode ser observado o ponto principal é que em todos os temas, a grande maioria dos entrevistados entendem que o grau de benefício é alto ou muito alto, o que representa que independente das dificuldades no processo de implementação, é de comum entendimento de que irá gerar grandes benefícios em diversas áreas.

A partir das validações das aplicações e utilização das técnicas enxutas nas empresas, para interpretar os riscos de aplicação da indústria 4.0 na construção civil, se buscou verificar o nível de conhecimento do conceito da indústria 4.0.

Quanto você conhecia o conceito Indústria 4.0?

31 responses

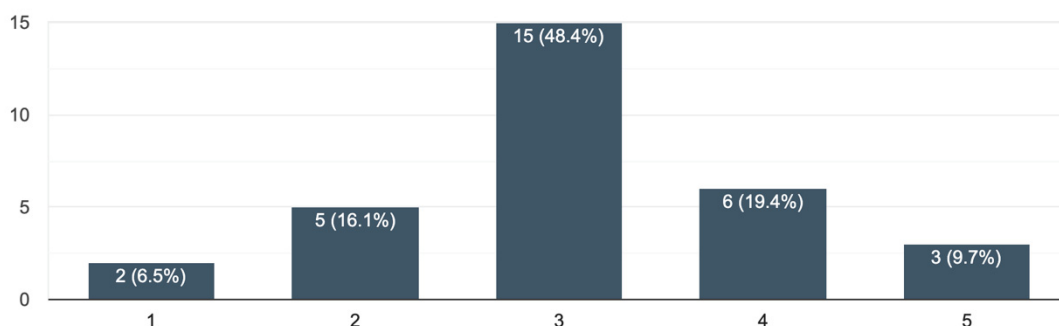


Figura 15 - Resultado da pergunta do questionário.

Fonte: O Autor (2021)

A Figura 15 mostra um equilíbrio entre os níveis alto e baixo do entendimento, contudo a maior parte tem um conhecimento mediano.

Em função disso foi analisado o impacto de cada tecnologia da indústria 4.0 na construção civil, para a partir disso possam ser comparados com a relevância e assim definidos os principais riscos.

A primeira tecnologia foi a inserção de robôs inteligentes no processo produtivo, sendo a diferença mais discrepante onde 84% das respostas foi de índices baixos ou nulos da utilização. Tendo sido a tecnologia menos utilizada e aplicada dentro todas.

Contudo, em seguida a tecnologia, análise de dados foi a que apresentou resultados mais lineares, variando em apenas 16% a mais para os graus altos em relação aos baixos. Situação que apresentar ser a tecnologia com maior importância dentro da construção civil em função da evolução e otimização que ela vem sofrendo nos últimos anos, sendo de extrema importância a maneira como se deve interpretar os dados para com isso poder definir a melhor estratégia para usá-los de maneira assertiva.

Já a simulação computacional, a terceira tecnologia analisada, foi a que apresentou o índice mais alto dentre todas, onde 56% tem uma utilização alta ou muito alta. Esse resultado se deu em função de ser a tecnologia que está sendo utilizada a mais tempo e a que apresenta a sensação mais assertiva na tomada de decisões pelos gestores. Contudo em função de ser possível uma análise visual dos resultados e do comportamento dos projetos se torna um diferencial tanto na concepção quanto para a venda aos clientes.

Outra tecnologia que apresentou um índice de aplicação alto (59%) foi a integração dos sistemas da empresa, onde da mesma maneira que a simulação ela já vem sendo utilizada no mercado a alguns anos para evitar dados duplicadas e proporcionar informações mais rápidas e assertivas. Onde vem evoluindo buscando integrar cada vez mais setores, inclusive os fornecedores e parceiros.

Já possivelmente a tecnologia mais comentada da indústria 4.0 a internet das coisas, foi contra o esperado em função dos resultados anteriores, onde 50% aponta que sua utilização é baixa ou muito baixa nas empresas. A internet das coisas vem sendo a mais famosa das tecnologias, pois ela tem a função de integrar todas as outras trazendo as informações e dados em tempo real.

Em função da baixa utilização da internet das coisas, o reflexo é diretamente proporcional a utilização da tecnologia segurança dos sistemas da empresa, pois também obteve um índice baixo de utilização. Fato que se deve a não utilização do acesso e conexão em tempo real aos dados e informações.

Contudo, um ponto que chama a atenção que mesmo em função da baixa utilização das tecnologias anteriores o uso da nuvem e de aplicativos apresentou um resultado expressivo de 53% de uso alto dentro das empresas. Situação que corrobora a integração dos sistemas.

Ainda um dos fatores que se espera ser dos mais utilizados dentro da construção civil, a tecnologia realidade aumentada, também apresentou um índice expressivo em sua baixa utilização. Isso acontece em função de fatores como o alto valor para aquisição dos softwares e equipamentos, além da necessidade de treinamento específico. Tudo isso unido a falta de retorno econômico que sozinha a realidade aumentada traz aos clientes que estão comprando imóveis.

Por fim, uma das tecnologias que se espera ter um dos maiores impactos dentro da construção civil, em função da padronização de um dos setores mais artesanais é a manufatura aditiva, contudo foi a que apresentou pior índice de uso nas empresas, tendo apenas 19% de utilização. Dentro da importância de todas as tecnologias a que geraria um maior impacto tanto em qualidade quanto em financeiro seria a manufatura, em função disso junto com a análise de dados são as que devem ser aplicadas inicialmente para que se possa quantificar as vantagens para que se comprove as vantagens de aplicação de todas elas.

Assim definidos os impactos das tecnologias no setor da construção civil passamos para a análise do grau de relevância de cada risco apontado, observando que todos vinham de um contexto de aplicação geral nas indústrias e agora estão sendo especificados dentro das empresas do ramo de construção de edifícios.

Como critério para que um item seja considerado um risco de sua aplicação na construção foi definido que pelo menos 20% das respostas devem estar nos níveis médio, alto e muito alto. Ou seja, se os níveis baixo e muito baixo, somados forem acima de 80% o risco não será considerado.

A partir disso apresentamos a Figura 16 com os riscos e seus respectivos índices obtidos pela somatória dos níveis médio, alto e muito alto somados para a aplicação na construção civil.

Estão apresentados em ordem decrescente, ou seja, do maior índice para o menor. Ou seja, os riscos que apresentaram maior grau estão mais acima na figura.

Fatores dos riscos graduados da implantação da indústria 4.0 no Lean Construction



Figura 16 – Fatores dos riscos graduados da implantação da indústria 4.0 no *Lean Construction*

Fonte: O Autor (2021)

Dentro dos resultados obtidos, os nove primeiros riscos obtiveram índice maior ou igual a 50% apresentando grande relevância. Onde seis dos principais riscos pertencem ao grupo “financeiro”, dois ao grupo “sociais” e um à “tecnologia”. Já o primeiro risco do grupo “ambiental” teve seu primeiro risco ocupando a 16ª posição com grau de 34%.

O primeiro ponto a se analisar é que os dois riscos que tiveram maior índice estão inseridos no mesmo grupo e na mesma subcategoria. Sendo do grupo “sociais” e subcategoria “capital humano”, estando esses riscos presentes

também nos riscos da aplicação da produção enxuta. Contudo os outros seis riscos do grupo “sociais” ficaram entre as dez últimas posições.

Já os quatro riscos seguintes são do grupo “econômico”, os dois primeiros da subcategoria “financeiro” e os seguintes da subcategoria “planejamento”. Com apenas 3% de diferença dos primeiros riscos da lista, o risco “alto custo de implantação” também é um risco recorrente nas duas aplicações, tanto da indústria 4.0 quanto na produção enxuta.

Em seguida na sétima posição o primeiro risco do grupo “tecnológico” da subcategoria “segurança de dados”, apresentando a importância de que se mantenha a privacidade dos dados das empresas, estando acima de riscos como análise ineficaz dos dados, que geraria retrabalho e até problemas financeiros. Finalizando as nove primeiras posições seguem mais dois riscos do grupo “econômico”, contudo de subcategorias diferentes, sendo primeiro a “mercado” onde se aponta o risco “concorrência” e depois novamente “planejamento” que aborda o risco “imprecisão na implantação”, sendo que além dos dois terem obtido o mesmo índice de 50%, mostrando terem a mesma importância além de estarem diretamente relacionados em função da implantação correta e da concorrência.

Por fim, mesmo tendo obtido graus percentuais abaixo de 50% os cinco seguintes riscos são do grupo “tecnológicos”, divididos nas três subcategorias e obtendo índices muito próximos, os quais variaram entre 41% e 38%. Contudo o último risco do grupo “tecnológico” foi o único que obteve um índice abaixo de 20% ficando na última posição foi o “caos tecnológico” onde obteve apenas 19%. Situação que representa o fato de ser um risco que depende de outros para ocorrer.

5 CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas resultaram primeiramente em dois quadros, o primeiro de riscos implantação da produção enxuta e o segundo de riscos da implantação da indústria 4.0. Foram filtrados e compilados 14 (quatorze) riscos para implantação da produção enxuta de uma maneira geral em qualquer tipo de empresa ou indústria, onde se pode concluir que por mais que exista uma necessidade grande do entendimento dos conceitos, técnicas e aplicações dos conceitos enxutos a grande maioria dos riscos passa pelo gerenciamento por parte do gestores da empresa, sendo que pode se concluir que pontos como motivar funcionários, auxílio em desenvolvimento de colaboradores, obtenção de recursos humanos e financeiros, clareza na comunicação entre todas as partes e durante todas as etapas do processo, comprovações financeiras, apoio e auxílio da média gerencia e alta direção, implantação dos conceitos enxutos nos funcionários e treinamentos para sustentar as práticas e metodologias, sustentar as ações e implementações e médio e longo prazo e por fim auxiliar nas dificuldades durante todo o processo, onde todos esses pontos ou riscos é necessário além de um trabalho em conjunto de todos os setores e funcionários, depende diretamente da direção para dar suporte e aparar as arestas durante o processo.

Em seguida, da mesma maneira se obteve 28 (vinte e oito) riscos de aplicação ou implantação da indústria 4.0, os quais estão divididos em 4 (quatro) grupos e 11 (onze) subcategorias. Dentro desses grupos três deles possuem oito riscos em casa, apresentando que de uma visão de implantação geral os grupos “econômico”, “sociais” e “tecnológico” tem o mesmo grau de importância dentro de empresas e industriais de um modo geral. Contudo, os riscos que estão contidos dentro das subcategorias se mostraram diretamente proporcionais, ou seja, sua implantação, dificuldade ou funcionamento dependem das outras.

A partir disso, com a análise dos resultados do questionário, as conclusões foram divididas em duas partes. A primeira referente a produção enxuta, teve como objetivo a validação dos conceitos enxutos, onde todos os profissionais apontaram que suas empresas utilizam e buscam os conceitos enxutos e a melhoria continua de seus processos e serviços.

Também foi possível concluir que mesmo com a busca pela melhoria contínua a maior parte desse objetivo ocorre por pedido da direção e pela contratação de consultorias, pois o investimento em cursos, palestras e treinamentos dos colaboradores obteve níveis intermediários, o que demonstra que mesmo que se tenha a produção enxuta como parte integrante dos valores da empresa, ainda existe uma relutância em investimentos para a melhoria contínua dos processos e procedimentos. Outra questão que comprova as conclusões apresentadas é o motivo das empresas buscarem a aplicação das técnicas enxutas, onde a adoção pelos concorrentes e o modismo são os maiores motivos da adoção pelas empresas do ramo da construção civil, ou seja, existe uma necessidade de não ficar para trás do que vem sendo praticado e inserido no mercado.

Já na implementação da produção enxuta dentro da construção civil, se observou que a adaptação aos conceitos e práticas foi o ponto que apresentou mais expressivo. Na mesma linha foi possível constatar que existe um comprometimento da alta direção na implementação e que insucessos de tentativas passadas não impediram a aplicação dos conceitos.

Corroborando todas as conclusões apresentadas, o entendimento da importância e dos benefícios da aplicação dos conceitos enxutos reflete em grandes benefícios em todas as áreas da construção civil.

Já a segunda parte do questionário buscou o entendimento da indústria 4.0, onde primeiramente se concluiu que existe um conhecimento do que a indústria 4.0 tem como objetivo, mas que o entendimento dos conceitos, tecnologias e aplicações ainda é pouco conhecido e difundido dentro da construção civil. Da mesma maneira que o grau de adoção das tecnologias está em um nível baixo, onde as tecnologias mais utilizadas pelas empresas de construção civil dentro de um ambiente de produção enxuta são a simulação computacional, integração dos sistemas e uso da nuvem e aplicativos.

Ainda uma tecnologia que é bastante utilizada e está diretamente ligada as anteriores é a análise de dados, onde é as quatro tecnologias estão diretamente ligadas, sendo parcialmente dependentes uma da outra.

Por fim, a partir da análise dos riscos foi possível concluir que os maiores riscos são de capital humano, focados nos hábitos, na cultura e na experiência dos colaboradores, sendo diretamente ligadas uma a outra.

Também foi possível concluir que dentro de um ambiente de produção enxuta a maior parte dos riscos são de um cunho econômico, onde de seus oito riscos listados, seis apresentaram alta relevância e comprovando que o alto custo de implantação e a incerteza do retorno financeiro do investimento são os grandes pontos de ressalva pelas empresas para a implementação das tecnologias da indústria 4.0, ainda levando em consideração a dependência de outros parceiros dentro da cadeia de suprimentos e quanto seria o valor agregado dessas tecnologias dentro da cadeia de valor.

E apenas após os riscos econômicos e sociais, onde a partir do momento que se invista em qualificação da mão obra e nas diversas fases de implantação se entende necessária a necessidade de se proteger e não ter os dados e informações expostas. Itens que apresentaram a mesma relevância mais que seguem ligação direta são mais dois econômicos onde a concorrência e a implantação incorreta são riscos considerados de extrema importância e diretamente dependentes da proteção dos dados do grupo tecnológicos.

Apenas a partir desses riscos foram considerados a grande parte dos riscos tecnológicos como dados de má qualidade, uma análise ineficaz dos dados e até dificuldades de infra estrutura como incapacidade técnica da rede e interferência de sinais.

Um ponto, que chamou atenção foi que os fatores ambientais apresentaram baixa relevância dentro das análises, sendo que terão influencia direta de acordo com as aplicações e implementações de maior índice. Contudo pode se explicar tais conclusões em função de se tratar de novas tecnologias e de que para que se alcance os riscos ambientais é necessário que ocorram diversas implantações anteriormente.

O único risco, que não obteve o índice mínimo de 20% e foi desconsiderado foi o caos tecnológico, que segue a mesma linha anterior de que ainda não é possível prever um risco em função de não terem ocorrido problemas com riscos anteriores.

Por fim, conforme a Figura 16 apresenta, uma sequencia dos riscos de acordo com o seu índice e se conclui que são diretamente dependentes uns dos outros, ou seja, a partir que os primeiros da lista não tenham sido bem trabalhados e ajustados os próximos também não terão o desempenho esperado e assim por diante.

Ainda os três principais riscos, que apresentaram maior nível de dificuldade na implantação da indústria 4.0 também são riscos de implementação da produção enxuta, onde se observa que por serem definidas como revoluções industriais sequenciais, para que a indústria 4.0 seja implementada e tenha alto nível de desempenho a empresa deve necessariamente ter em seus valores, objetivos e aplicações os conceitos enxutos.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L. R. O futuro da indústria da construção civil: construção habitacional. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC**, Instituto Euvaldo Lodi - IEL/Núcleo Central, Brasília, 2005.

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 31000/2018 Gerenciamento de Riscos–Diretrizes**. Rio de Janeiro, ABNT, 2018.

ACATECH, **National Academy of Science and Engineering. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. 2013. Disponível em: <http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf>. Acesso em: 04 maio 2017.

ALLEN, R. C. The British Industrial Revolution in global perspective: How commerce created the Industrial Revolution and modern economic growth. **Working paper Nuffield College**. University of Oxford, 2006

ALOINI, D.; DULMIN, R.; MININNO, V. **Risk assessment in ERP projects**. Information Systems, v.37, p. 183-199, 2012a.

AS/NZS ISO 31000. **International standards for risk management**, Strathfield, Standards Association of Australia, 2009.

BADRI, A.; BOUDREAU-TRUDEL, B.; SOUISSI, A. S. Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern. **Safety Science**, v. 109, p. 403-411, 2018.

BAKER, P. **Why is lean so far off**. **Works Management**, p. 1-4, 2002.

BALASINGHAM, **Kajanth. Industry 4.0: Securing the Future for German Manufacturing Companies**. 16 p. Dissertação (Mestrado), University of Twente. Twente, 2016.

BALLÉ, M., 2013. **Como começamos a implementar o trabalho padronizado?** Disponível em: <<https://www.lean.org.br/conceitos/126/o-que-e-trabalho-padronizado.aspx>>. Acesso em: 10 de junho de 2020.

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

BANNERMAN, P.L. Risk and risk management in software projects: a reassessment. **The Journal of Systems and Software**, v. 81, p. 2118-2133, 2008.

BONILLA, Silvia et al. Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3740, 2018.

BRASIL, F. K. d. A. L. **Arquitetura vernácula da habitação popular. Análise das mudanças e permanências das características arquitetônicas da habitação popular decorrentes da intervenção de fatores financeiros, técnicos e organizacionais**. 2003, 141 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

BRETTEL, Malte et al. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International journal of mechanical, industrial science and engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BRYMAN, A. **Social research methods**. 5o ed. New York: Oxford University Press, 2016.

CARDOSO, V. C.; **Planejamento de obras: aprenda a segmentar as compras de materiais**. Disponível em: <<http://www.conazsolucoes.com.br/2017/06/01/planejamento-de-obrasaprenda-a-segmentar-as-compras-de-materiais>> . Florianópolis, 2017. Acesso em 15 de outubro de 2019.

CARUSO, L. Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes. **AI & SOCIETY**, p. 1-14, 2017.

CBCI. **Câmara Brasileira da Construção Civil. Catálogo da Construção Civil**. Brasília: CBIC, 2017

CBCI. **Câmara Brasileira da Construção Civil. Catálogo da Construção Civil**. Brasília: CBIC, 2019

CNI. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil. Confederação Nacional da Indústria**. 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/> Acesso em: 10/11/2017.

COLLINGS, D. P. **Selecting a questionnaire response scale for student feedback surveys: a comparison of psychometric properties and student preferences among three alternatives**. 2006. Dissertação (Mestrado) — Murdoch University.

COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: aplicações em administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

COUTINHO, L. **A terceira revolução industrial e tecnológica. As grandes tendências das mudanças**. Economia e Sociedade, v. 1, n. 1, p. 69-87, 27 out. 2016.

DATHEIN, R. **Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos Séculos XVIII e XIX**. Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, 2003.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DETTMER, H. W. Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance. **Goal System International**. Port Angeles, WA, USA, 2001.

DE SOUZA JABBOUR, A. B. L. et al. **When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors**. Technological Forecasting and Social Change, v. 132, p. 18-25, 2018.

DUCKER, P. F. **Introdução a Administração**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 2000

ENSSLIN, L. et al. **ProKnow-C, knowledge development process-constructivist**. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI., v. 10, n. 4, p.2015, 2010.

FABRIGAR, L. R., MACCALLUM, R.C., WEGENER, D.T. and STRAHAN, E.J., **"Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research."** Psychological methods, Vol. 4 No. 3, pp. 272-299. 1999

FIBRA. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. Fevereiro 2017. Disponível em:< <https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil> > Acesso em: 06\08\2020

FORMOSO, C. (2002) – **Lean Construction: princípios básicos e exemplos**.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6o ed. São Paulo: Atlas, 2018.

HINKIN, T. R. 1998. A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. **Organizational Research Methods** 1: 104-121.

HIRSCHI, A. The fourth industrial revolution: Issues and implications for career research and practice. **The Career Development Quarterly**, v. 66, n. 3, p. 192-204, 2018.

Hofmann, E.; Rüsçh, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers In Industry**, 89, 23-34. 2007

HOWELL, G. **What is Lean Construction**. Proceedings...In: 7th Conference of International Group of Lean Construction. Brekerley, CA, 1999.

HORMAN, M.; KENLEY, R. **The Application of Lean Production to Project management**. In: **proceedings for the 4th annual conference of the international group for lean construction**, 4, Birmingham. Anais... Birmingham: IGLC, 1996.

HURLEY, A. E., SCANDURA, T. A., SCHRIESHEIM, C. A., BRANNICK, M. T., SEERS, A., Vandenberg, R. J., & Williams, L. J. (1997), **"Exploratory and confirmatory factor analysis: Guidelines, issues, and alternatives."**, *Journal of Organizational Behavior*, Vol. 18 No. 6, pp. 667-683.

JOHANSEN, E.; WALTER, L. Construção enxuta: prospects for the German construction industry. **Construção enxuta Journal**, Volume 03, Issue 01, 2007.

JOSHI, A. et al. Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, v. 7, n. 4, p. 396 –, 2015.

KHAN, Maqbool et al. Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0. In: 2017 **IEEE international conference on communications (ICC)**. IEEE, 2017. p. 1-6.

KIEL, D. et al. Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. **International journal of innovation management**, v. 21, n. 08, 2017.

KIRCHEN, I. et al. Metrics for the evaluation of data quality of signal data in industrial processes. In: 2017 **IEEE 15th international conference on industrial informatics (indin)**. IEEE, 2017. p. 819-826.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report #72, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

KOSKELA, L. Lean Production in Construction. Anais... In: **Conference of the International Group for Lean Construction**, Santiago, Chile, 1994.

KOSKELA, L. Management of construction: a theoretical view. Proceedings... In: **7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 1999, Berkeley, CA. Berkeley: University of California. 1999.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Thesis (Engineering Doctoral Thesis). Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 2000.

KRZYCH, J. et al. **The Likert scale is a powerful tool for quality of life assessment among patients after minimally invasive coronary surgery**. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska/Polish Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 15, n. 2, p. 130 – 134, 2018.

LI, Q. **A novel Likert scale based on fuzzy sets theory**. *Expert Systems with Applications - Elsevier Ltd.*, p. 1609 – 1618, 2013.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. *Archives of Psychology*, v. 22, 1932. Disponível em: <<http://psycnet.apa.org/psycinfo/1933-01885-001>>. Acesso em: 13/02/2021.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0- based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, 2015. Society of Manufacturing Engineers (SME).

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

LEZZI, M.; LAZOI, Ma.; CORALLO, A. Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. **Computers in Industry**, v. 103, p. 97-110, 2018.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. (2007). **Middle managers are biggest obstacle to lean enterprise**. Disponível em: <http://www.lean.org/WhoWeAre/NewsArticleDocuments/Web_Lean_survey.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

LI, G.; HOU, Y.; WU, A.. Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. **Chinese Geographical Science**, v. 27, n. 4, p. 626-637, 2017.

LIAN, Y.; VAN LANDEGHEM, H. Analyzing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping- based simulation generator. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 13, p. 267-275, 2007.

LIKER, J. **The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer**. McGraw-Hill, 2004.

LORENZON, I. A., **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. Tese de D. Sc., Universidade Federal de São Carlo, São Carlos, 2008.

LUTHRA, Sunil; MANGLA, Sachin Kumar. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168-179, 2018.

MACHADO, D. B. **Segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso**. 2015. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MATHAISEL, D. (2005). A lean architecture for transforming the aerospace maintenance, repair and overhaul (MRO) enterprise. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 54(8), 623-644. <http://dx.doi.org/10.1108/17410400510627499>.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8o ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. Managing barriers to lean production implementation: context matters. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 13, p. 3947-3962, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2014.980454>

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A. Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 22, p. 6663-6680, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.826831>

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A.; FETTERMANN, D. C. Uma sistemática para a avaliação de riscos na implantação da produção enxuta. **Revista Produção Online**, v14, n1, p. 364-401, 2014. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v14.i1.1667>

MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A.; CATEN, C. S. d. Identificação e classificação de riscos na implantação da produção enxuta. **Production**, v25, n4, p. 911-925, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.033011>

MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. São Paulo: Difel, 1994. v. 1. caps. I, X, XI, XII, XIII.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 1a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOKTADIR, M. A. et al. Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 730-741, 2018.

MÜLLER, J. M., KIEL, D., VOIGT, K.-I. **What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability**. *Sustainability*, v. 10, n. 1, 2018.

NORRMAN, A.; JANSSON, U. Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, n. 5, p. 434-456, 2004.

OLIVEIRA, T. M. V. D. **Amostragem não Probabilística: Adequação de Situações para uso e Limitações de amostras por Conveniência, Julgamento e Quotas**. *Administração On Line*, v. 2, n. 3, 2001. Disponível em: http://www.fecap.br/adm_online/art23/tania2.htm.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre: v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. **Construction sites: using lean principles to seek broader implementations**. Proceedings...In. 12th Annual Conference on Lean Construction, 2004, Elsinore. 2004.

PEREIRA, G.; SILVA, M. N. d. **Mercado imobiliário e estruturação do espaço na região metropolitana de Curitiba**. Caderno metrópoles 18, p. 77-93. 2007.

PMI. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. EUA: Project Management Institute, 3rd ed, 2004.

PSOMAS, E., KAFETZOPOULOS, D., & Fotopoulos, C. (2013), "Developing and validating a measurement instrument of ISO 9001 effectiveness in food manufacturing SMEs.", **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 24 No. 1, pp. 52-77.

RIBEIRO, João Mendes (2019) - [Entrevista ao arquiteto João Mendes Ribeiro]. **Entrevista realizada por Maria Mariana Santos. Coimbra** : [s.n.]. Entrevista realizada no dia 16 de Janeiro de 2019 no ateliê do Arquiteto João Mendes Ribeiro

RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. Supply chain risk management and performance: a guiding framework for future development, **International Journal of Operations and Production Management**, v. 27, n. 3, p. 303-322, 2007.

ROCHA, Ar. A.; CASTRO, N. L. **A Importância do Planejamento na Construção Civil**. 2013. Disponível em:<
http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773> . Acesso em: 20/05/2020.

ROMERO, D. et al. Digitalizing Occupational Health, Safety and Productivity for the Operator 4.0. In: **IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS**. Springer, Cham, 2018. p. 473-481.

SALENTO, A. Digitalisation and the regulation of work: theoretical issues and normative challenges. **AI & SOCIETY**, p. 1-10, 2018.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 829-841, 2010.

SCHNEIDER, P. Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. **Review of Managerial Science**, v. 12, n. 3, p. 803-848, 2018.

SCHWAB, K. A. **Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: EDIPRO, 2016.

SHAH, R., WARD, P. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management** p. 129-149. 2003

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. [s.l.] UFSC, Florianópolis, 2005.

SILVA, E. M. d. **Indústria 4.0 - A Quarta Revolução Industrial**. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/ind%C3%BAstria-40-quarta-revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-edson-miranda-da-silva>> Acessado em: 15 dez. 2019

SILVA JÚNIOR, S. D. da. **Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion**. Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia - PMKT, 2014.

SIM, K.L.; ROGERS, J.W. Implementing lean production systems: barriers to change, **Management Research News**, v. 32, n. 1, p. 37-49, 2008.

SOHAL, A.; EGGLESTON, A. Lean production: experience amongst Australian organizations. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 14, p. 135-150, 1994.

SOLTOVSKI, R. **Modelo teórico de categorização dos riscos provenientes da implantação da indústria 4.0 no setor manufatureiro**. 2020. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2020.

SOMMER, Lutz. Industrial Revolution Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

SOUZA E SILVA, M. F.; FELIZARDO, F. C. Aplicação de técnicas de gestão em obras de pequeno porte e curta duração. **V Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção**, Anais, Campinas-SP, 2007.

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

STOCK, T. & SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use**. 2016

THOMAS J., HARDEN A. Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. **BMC Medical Research Methodology**. v. 8, n. 1, p. 1-45, 2008.
VIEIRA, K. M.; DALMORO, M. **Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: o Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados?** In: XXXII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008.

VOSS, C., TSIKRIKTSIS, N., and FROHLICH, M. (2002), "Case research in operations management", **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 22, No. 2, pp. 195-219.

WALLACE, L., KEIL, M., RAI, A. 2004. **Understanding software project risk: a cluster analysis**. **Information & Management** 42: 115-125.

WANG, Shiyong et al. **Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook**. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 1, 2016.

WANG, Xun; DISNEY, Stephen M. The bullwhip effect: Progress, trends and directions. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 3, p. 691-701, 2016.

WINFIELD, Alan F. et al. **Machine Ethics: The Design and Governance of Ethical AI and Autonomous Systems. Proceedings of the IEEE**, v. 107, n. 3, p. 509-517, 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5a. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. **Case study research: design and methods**. 5 ed. Thousand Oaks: Sage.