

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Dissertação de Mestrado

NÁDYA ZANIN MUZULON

**Um método de seleção de softwares para geração de padrões de corte em
MPE's Moveleiras**

Maringá
2022

NÁDYA ZANIN MUZULON

**Um método de seleção de softwares para geração de padrões de corte em
MPE's Moveleiras**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.
Área de concentração: Engenharia de Produção.

Orientador(a): Profa. Dra. Gislaine Camila Lapasini Leal.

Coorientador(a): Profa. Dra. Juliana Verga Shirabayashi.

Maringá
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

M994m

Muzulon, Nádyá Zanin

Um método de seleção de softwares para geração de padrões de corte em MPE's moveleiras / Nádyá Zanin Muzulon. -- Maringá, PR, 2022.

131 f.: il. color., figs., tabs., maps.

Orientadora: Profa. Dra. Gislaine Camila Lapasini Leal.

Coorientadora: Profa. Dra. Juliana Verga Shirabayashi.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2022.

1. Indústria moveleira. 2. Tecnologia da informação. 3. Corte bidimensional. 4. Seleção de softwares. I. Leal, Gislaine Camila Lapasini, orient. II. Shirabayashi, Juliana Verga, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

CDD 23.ed. 674.28

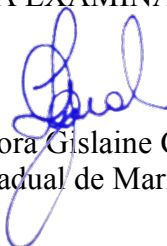
FOLHA DE APROVAÇÃO

NÁDYA ZANIN MUZULON

Um método de seleção de softwares para geração de padrões de corte em MPE's Moveleiras

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Banca Examinadora composta pelos membros:

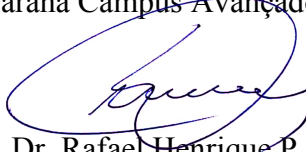
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Orientadora Gislaine Camila Lapasini Leal
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM

Juliana Verga Shirabayashi

Profa. Dra. Coorientadora Juliana Verga Shirabayashi
Universidade Federal do Paraná Campus Avançado de Jandaia do Sul - UFPR



Prof. Dr. Rafael Henrique P. Lima
Universidade Estadual de Maringá – DEP/UEM



Prof. Dr. Diego Jacinto Fiorotto
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Aprovada em 30 de junho de 2022.

Local da defesa: <https://meet.google.com/txc-dcrs-rbx>, conforme, PORTARIA CAPES Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 e Ofício Circular nº 10/2020-DAV/CAPES.

AGRADECIMENTO(S)

Começo este agradecimento, louvando a Deus pelas promessas cumpridas, desde a graduação, e agora, pela bênção de chegar até este momento tão importante de minha vida, a conclusão do Mestrado. Agradeço imensamente aos meus pais por todo o apoio durante esses dois anos, pelo amor e carinho incondicional, pela confiança que depositaram em mim. Sou grata a minha irmã, que sempre esteve disposta a me auxiliar em momentos de dificuldades e esteve na torcida junto com meus amigos para que este dia chegasse. Agradeço ao meu noivo, pela compreensão nos momentos difíceis, e por me incentivar a sempre seguir em frente em busca dos meus sonhos. Por fim, e de suma importância, agradeço aos doutores que participaram e contribuíram para a escrita deste trabalho, e de maneira especial a minha orientadora e coorientadora, obrigada pelos ensinamentos, pela troca de sabedoria e pelas lições compartilhadas até aqui.

EPÍGRAFE

Há uma força motriz
mais poderosa que o vapor,
a eletricidade e a energia atômica: a vontade.
(ALBERT EINSTEIN)

Um método de seleção de softwares para geração de padrões de corte em MPE's Moveleiras

RESUMO

Na prática industrial, diversos processos produtivos envolvem uma etapa de corte de materiais, o que pode resultar em vantagens competitivas quando bem estruturada. Esta é uma etapa crucial para empresas do segmento moveleiro, predominante por micro e pequenas empresas no Brasil. Embora o problema de corte seja bastante abordado na literatura científica, ainda carece de estudos que tragam uma visão prática sobre o assunto e que direcionem as empresas, principalmente as de micro e pequeno porte ao acesso à tecnologia da informação (TI). Sendo assim, este trabalho tem por objetivo apresentar como a literatura científica aborda o problema de corte no segmento moveleiro e cobrir a carência de uma visão prática sobre o assunto. Para tal, a pesquisa é estruturada no formato *multipapers*, com 2 artigos. O primeiro artigo visa um estudo exploratório, em que é realizada a fundamentação teórica a partir de um mapeamento sistemático da literatura, com o objetivo de explorar o conhecimento existente sobre o problema de corte no segmento moveleiro, identificar características dos modelos e métodos mais utilizados para resolução do problema, bem como, discutir as lacunas existentes na literatura. No segundo artigo, uma pesquisa *survey* é realizada de modo a entender as características e a realidade do segmento moveleiro brasileiro. Ao inferir a predominância de empresas de menor porte neste segmento, sendo essas com maiores dificuldades na aquisição de tecnologia da informação, é proposto um método com diretrizes para direcionar o processo de seleção de ferramentas de softwares, já existentes, para problemas de corte em MPE's moveleiras. Como resultado da aplicação dessas diretrizes em um ambiente real de pequeno porte, que antes utilizava do empirismo para geração de padrões de corte, foi possível selecionar duas ferramentas de software que melhor cobriram suas necessidades. Assim as diretrizes permitiram e facilitaram o processo de adoção à TI para uma microempresa moveleira.

Palavras-chave: Problema de Corte de Estoque. Indústria Moveleira. Corte bidimensional. Tecnologia da Informação. Seleção de softwares. Diretrizes. Pesquisa survey. Pesquisa Operacional.

A method for tool selection for the Stock Cutting Problem in MSE's furniture

ABSTRACT

In industrial practice, several production processes involve a step of cutting materials, which can result in competitive advantages when well structured. This is a crucial step for companies in the furniture segment, predominantly for micro and small companies in Brazil. Although the problem of cutting is widely discussed in the scientific literature, there is still a lack of studies that bring a practical view on the subject and that direct companies, especially micro and small companies, to access information technology (IT). Therefore, this work aims to present how the scientific literature approaches the Stock Cutting Problem in the furniture segment and to cover the lack of a practical vision on the subject. To this end, the research is structured in the multipaper format, with 2 articles. The first article aims at an exploratory study, in which the theoretical foundation is carried out from a systematic mapping of the literature, with the objective of exploring the existing knowledge about the Stock Cutting Problem in the furniture segment, identifying characteristics of the models and methods most used to solving the problem, as well as discussing the gaps in the literature. In the second article, a survey is carried out in order to understand the characteristics and reality of the Brazilian furniture segment. By inferring the predominance of smaller companies in this segment, which are those with greater difficulties in acquiring information technology, a method with guidelines is proposed to direct the process of selecting existing software tools for Stock Cutting Problem in MSE's furniture. As a result of applying these guidelines in a real small environment, which previously used empiricism to generate cutting patterns, it was possible to select two software tools that best covered their needs. Thus, the guidelines allowed and facilitated the process of adopting IT for a micro furniture company.

Keywords: Stock Cutting Problem. Furniture Industry. Two-dimensional Cutting Problem. Information Technology. Tool selection. Guidelines. Survey research. Operational Research.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Dimensões para Problemas de Corte.....	15
Figura 2– Caracterização da Pesquisa.	19
Figura 3 – Estruturação da Pesquisa.....	20
Figura 4– Fluxograma do processo de seleção.	33
Figura 5 - Distribuição geográfica das publicações.....	35
Figura 6 - Linha do tempo das publicações.	36
Figura 7 - Métodos de formulação e resolução usados.	43
Figura 8 - Abordagem em métodos exatos.....	44
Figura 9 - Abordagem em métodos Heurísticos.....	44
Figura 10 - Abordagem em métodos metaheurísticos.	45
Figura 11 – Estabelecimentos de fabricação de móveis no Brasil por porte da empresa.....	58
Figura 12 – Método de pesquisa.....	61
Figura 13 – Distribuição geográfica das empresas participantes.	64
Figura 14 – Perfil das empresas.....	65
Figura 15 – Responsáveis pelo planejamento de corte.....	66
Figura 16 – Variação da matéria-prima.....	67
Figura 17 – Demanda de itens.....	67
Figura 18 – Percentual de perdas.....	68
Figura 19 – Uso de ferramentas de software.	69
Figura 20 – Ferramentas de software.	70
Figura 21 – Gráficos de boxplot dos percentuais relacionados ao porte e uso de softwares....	71
Figura 22– Etapas para o processo de seleção de software.	77
Figura 23 – Etapa 2: Definição de critérios.....	79
Figura 24 – Árvore de critérios.....	83
Figura 25 – Processo para aquisição de software.....	84
Figura 26 – Fluxograma do processo.	85
Figura 27 – Passos para a construção do modelo SMARTER.	88
Figura 28 – Armário de banheiro.	95
Figura 29 – Padrões de corte para produção do armário de banheiro.	96
Figura 30- Processo de seleção.....	119
Figura 31 – Fluxo do questionário.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos artigos.	22
Tabela 2 - Fontes de busca definidas para a pesquisa.	31
Tabela 3 – Esquema para classificação das pesquisas.....	34
Tabela 4 - Fontes das publicações.	36
Tabela 5 - Características gerais dos estudos selecionados.	38
Tabela 6 - Função Objetivo abordada pelos 50 artigos.	40
Tabela 7 - Instâncias de benchmark.	41
Tabela 8 - Métodos de formulação e resolução mencionados pelos 50 artigos.	47
Tabela 9 - Softwares abordados.	53
Tabela 10 – Dificuldades enfrentadas pelas empresas do segmento moveleiro.....	70
Tabela 11 – Ferramentas de Software para problemas de corte de estoque no segmento moveleiro.	74
Tabela 12 – Matriz de alternativas por atributos.	90
Tabela 13 – Pontuação das questões por atributos.	91
Tabela 14 – Utilidades Unidimensionais.....	92
Tabela 15 – Ordenação dos atributos.	93
Tabela 16 – Cálculo dos pesos utilizando a abordagem ROC.....	93
Tabela 17 – Utilidade multi-atributo.	94
Tabela 18 – Método simples por somatório.	95
Tabela 19 – Descrição dos itens necessários para fabricação do armário de banheiro.	96
Tabela 20 – Resultados dos padrões de corte.	97
Tabela 21 - Palavras chaves e termos de busca para a pesquisa.....	116
Tabela 22 - Fontes de busca definidas para a pesquisa.	117
Tabela 23 - Avaliação da Qualidade.....	119
Tabela 24 - Esquema para classificação das pesquisas.	120

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	14
1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVOS	18
1.4 ESTRUTURA DO TEXTO.....	18
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	19
2.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	19
2.1.1 Caracterização da Pesquisa.....	19
2.1.2 Estruturação da Pesquisa	20
2.2 SÍNTESE DOS ARTIGOS.....	21
CAPÍTULO 3 - MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE LITERATURA SOBRE O PROBLEMA DE CORTE NO SEGMENTO MOVELEIRO.....	23
1. INTRODUÇÃO	25
2. ESTRUTURA DO PROBLEMA DE CORTE.....	27
3. MÉTODO DE PESQUISA	30
3.1 Estratégias de busca e seleção	30
3.2 Processo de busca e seleção.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 Categorização das pesquisas.....	37
4.2 Métodos utilizados para resolver problemas de corte	42
4.3 Métodos de formulação e resolução mencionados na literatura.....	46
4.4 Ferramentas computacionais empregadas para resolver problemas de corte	53
5. CONSIDERAÇÃO FINAIS.....	54
CAPÍTULO 4 - UM MÉTODO DE SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DE SOFTWARES PARA PROBLEMAS DE CORTE EM MPE'S MOVELEIRAS	56
1. INTRODUÇÃO	58
2. MÉTODO DE PESQUISA	61
3. RESULTADOS DA PESQUISA SURVEY.....	64
4. ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE SOFTWARE	73
5. UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DE SOFTWARE PARA PCE	76
5.1 Etapa 1: Planejamento	77

5.1.1	Definição dos agentes facilitadores	77
5.1.2	Perspectiva a curto, médio e longo prazo	78
5.2	Etapa 2: Preparação para aquisição	78
5.2.1	Critérios de propósito	79
5.2.2	Critérios de uso	80
5.2.3	Critérios durabilidade	81
5.2.4	Árvore de critérios	82
5.3	Etapa 3: Aquisição de Software.....	84
6.	PROVA DE CONCEITO: APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES EM UM CASO REAL.....	85
6.1	ETAPA 1: Planejamento	86
6.2	ETAPA 2: Preparação para a aquisição.....	86
6.3	ETAPA 3: Aquisição do software	87
6.3.1	Levantamento dos softwares	87
6.3.2	Aplicação de um método de seleção: Método Multicritério SMARTER.....	87
6.3.2.1	Aplicação do método multicritério SMARTER.....	89
6.3.3	Aplicação de um método de seleção: Método simples por somatório.....	94
6.4	Análise, teste e seleção das ferramentas de software <i>Maxcut</i> e <i>Sketchcut</i>	95
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
	CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
5.1	Contribuições.....	101
5.2	Dificuldades e limitações	103
5.3	Oportunidades de pesquisa futura	103
	CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS.....	105
	Apêndice A – Protocolo de Pesquisa	114
1.	Objetivo	114
2.	Perguntas de pesquisa.....	115
3.	Estratégias de busca.....	116
3.1	<i>String</i> de busca.....	116
3.2	Fontes de busca.....	117
4.	Estratégias de Seleção	118
4.1	Critérios de Exclusão.....	118
4.2	Critérios de Inclusão	118
4.3	Processo de Seleção	118

5. Avaliação da qualidade.....	119
6. Estratégias de extração	121
7. Avaliação do protocolo.....	121
Referências	122
Apêndice B – Questionário eletrônico aplicado na etapa 2, para elaboração da pesquisa <i>survey</i>.	125
Apêndice C – Tabela dos estudos selecionados para análise no mapeamento sistemático com seus respectivos números de identificação (ID).	130

INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta o contexto do tema escolhido, a motivação e justificativa da escolha, assim como sua relevância e os objetivos desta pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A matéria-prima utilizada em diversos processos produtivos pode envolver objetos maiores padronizados para serem cortados em tamanhos menores variados, como mostra a Figura 1. Esse problema é comumente conhecido na literatura como Problema de Corte de Estoque (PCE) (SANTOS e NEPOMUCENO, 2021).

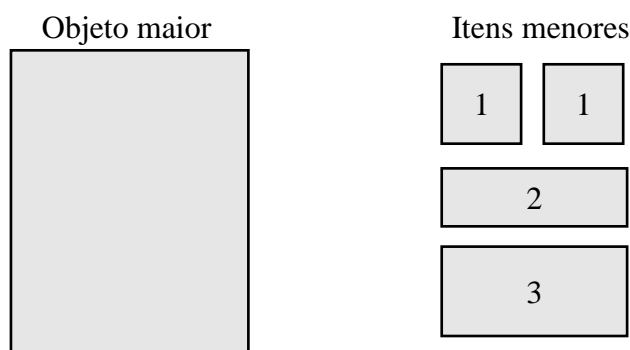
Processos produtivos que envolvem corte de materiais se iniciam com uma máquina de corte utilizada para cortar objetos grandes em pedaços menores. Para isso, padrões de corte são gerados e usados para cortar as peças, devendo ser sequenciados para se obter um plano de corte completo para o problema. As peças cortadas são utilizadas para montar os produtos finais de modo a atender às demandas dos clientes (MELEGA, ARAUJO e MORABITO, 2020).

De acordo com Gramani, Franca e Arenales (2011), Cherri *et. al.* (2014) e Gonçalves, Resende e Costa (2014) o problema de corte de estoque pode ser definido como a atividade de cortar peças maiores (objetos) disponíveis em estoque, com a finalidade de produzir peças menores (itens) para atender uma dada demanda utilizada na montagem de produtos finais, buscando otimizar uma função objetivo que pode ser, por exemplo, minimizar a perda de material, ou o custo dos objetos cortados, ou maximizar o lucro.

Diante dos diversos contextos industriais que envolvem corte de materiais, com um

grande número de aplicações reais, principalmente na produção de bens primários como vidro, madeira, metal, papel e plástico (RUSSO; BOCCIA; SFORZA; STERLE, 2019), o enfoque deste trabalho está no corte de madeira, seja aglomerados, painéis, compensados ou MDF (*Medium Density Fiberboard*). Esse tipo de matéria prima é fortemente utilizado nas indústrias do setor moveleiro, já que essas necessitam cortar placas padronizadas em diferentes itens menores para montagem de móveis, sejam eles planejados ou modulados.

Figura 1– Dimensões para Problemas de Corte.



Fonte: Autora (2022).

A indústria moveleira brasileira é predominante por micros, pequenas e médias empresas, com 46 polos moveleiros distribuídos por 11 estados, mas com sua maioria concentrada no Sul e Sudeste do país. A produção e consumo varia entre móveis residenciais, institucionais, de escritórios, até poltronas e colchões (BRAINER, 2019).

Assim como qualquer outra indústria de transformação, as empresas do segmento de móveis precisam acentuar suas vantagens competitivas de modo a se destacar perante seus concorrentes e superar as expectativas de seus consumidores finais. Já que a fabricação de móveis está se tornando cada vez mais competitiva, com ciclos de vida mais curtos dos produtos e crescente demanda de clientes (RAHMAN; SARKER; ISLAM, 2018).

Porém, a tecnologia empregada nesse segmento, ainda é inferior quando comparada a outras indústrias de transformação no país. Seus custos de produção podem ser elevados, principalmente para empresas menores, que encontram dificuldades, na maioria das vezes, em reduzir desperdícios ao gerar padrões de cortes, e até mesmo na contratação de mão de obra qualificada (PRATES e OSPINA, 2004).

Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016), também, destacam que como esta indústria está mudando, há ainda mais a necessidade de um processo produtivo mais flexível e eficiente, pois

a diversidade de demanda e produtos estão crescendo cada dia mais. Por isso, a tecnologia e inovação podem desempenhar um papel fundamental na redução de desperdícios e aumento da produtividade no processo de corte para empresas deste segmento, não com novas máquinas e equipamentos, mas sim, com mais tecnologia de informação atrelada ao processo.

De acordo com Melega, Araujo e Jans (2018), a importância operacional e econômica relacionada ao problema de corte de estoque, a dificuldade em resolvê-lo e a necessidade de desenvolver métodos de soluções mais eficientes, têm motivado mais pesquisas sobre o tema.

Os estudos publicados na literatura, como de Alvelos, Chan, Vilaça, Gomes, Silva e Carvalho (2009), Yue e Gao (2009), Macedo, Alves e Carvalho (2010), Silva, Alvelos e Carvalho (2014), Afsharian, Niknejad e Wäscher (2014), Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017), são em sua grande maioria relacionados a uma proposta de solução para o problema de corte moveleiro, porém direcionadas às pessoas com conhecimento em matemática e computação, sendo de difícil acesso e entendimento a empreendedores do ramo que queiram replicar o método.

Diante desse contexto e das oportunidades mencionadas, esta pesquisa foi desenvolvida e composta por dois artigos. O primeiro artigo intitulado “Mapeamento Sistemático de Literatura sobre o Problema de Corte no segmento Moveleiro” buscou compreender o cenário geral do problema de corte aplicado ao segmento moveleiro e seus atuais métodos de solução. O segundo artigo intitulado “Um método de seleção de ferramenta de software para Problemas de Corte em micros e pequenas empresas moveleiras” cobriu a carência de uma visão prática sobre o assunto. Neste, foi realizado uma pesquisa *survey* com o intuito de conhecer melhor as práticas e necessidades do segmento. Após identificar pouca tecnologia da informação atrelada a empresas de menor porte, diretrizes foram elaboradas para direcionar esses empreendedores na escolha de ferramentas de software, já existentes, para solução de problemas de cortes, em que passam a ser consideradas as necessidades individuais de cada empresa.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Para a formação acadêmica e para a Engenharia de Produção, este estudo contribui explorando indiretamente temas e assuntos da computação e engenharia. Outrossim, contribui também para a importância da Pesquisa Operacional, ao mostrar como a modelagem matemática e a programação auxiliam nas soluções para problemas no ambiente industrial, como no caso do problema de corte de estoque no segmento moveleiro.

Ao pensar em micros e pequenas empresas, os obstáculos enfrentados por elas são

maiores com relação à obtenção de melhores preços e vantagens quando comparadas às empresas de médio e grande porte. As dificuldades permeiam falta de planejamento financeiro, altos custos e poucas campanhas publicitárias, mão de obra pouco qualificada e falta de treinamentos, assim como, poucos investimentos e menos atualização tecnológica (BALESTRIN e VARGAS, 2003).

Com as empresas do segmento moveleiro o problema se repete. Formada em sua maioria por micros e pequenas empresas, o problema de corte se torna uma das etapas mais difíceis do processo produtivo, no qual, muitas vezes, não recebe sua atenção necessária.

As pesquisas existentes em relação à inclusão de uma programação para resolver tal problema nas indústrias do segmento moveleiro, são na maioria das vezes direcionadas a estudantes e profissionais da área de matemática e computação, sendo de difícil acesso e entendimento a empreendedores do ramo que queiram replicar o método. Alguns desses exemplos são os estudos de Moengin, Harahap, Adisuwiryo e A Fransiska (2019), Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017), Kłosowski, Kozłowski e Gola (2017), Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016), Toscano, Rangel e Yanasse (2015), Mrad (2015), Silva, Alvelos e Carvalho (2014), Pradenas, Garcés, Parada e Ferland (2013), Fathi e Kianfar (2012).

Ainda de acordo com Lunardi, Dolci e Maçada (2010) são poucos os trabalhos que pesquisam pequenas empresas e seu relacionamento com tecnologia da informação. Conseqüentemente, a falta de recursos financeiros e tecnológicos e uma estrutura organizacional inapropriada, muitas vezes, atrapalha a adoção dessas empresas às novas tecnologias.

Buscando cobrir essas lacunas, o estudo propõe diretrizes para resolver o problema de corte de estoque, principalmente de micros e pequenas indústrias moveleiras, por meio da seleção de uma ferramenta de software.

Além disso, a pesquisa cobre outro *gap* na literatura, pois não foram encontrados nas buscas revisões de literatura sobre a combinação dos temas problemas de corte e segmento moveleiro, nem mesmo estudos voltados para correlacionar mais minuciosamente ambos os temas.

Por fim, este estudo se mostra útil para profissionais e empreendedores que buscam incorporar modelos de geração de padrões de cortes em seus contextos produtivos no mundo real, já que um método para seleção de software é proposto para pesquisadores e gestores que atuam no segmento.

Para isso, foram elaborados dois artigos interligados, sendo estes intitulados

“Mapeamento Sistemático de Literatura sobre o Problema de Corte no segmento Moveleiro” e “Um método de seleção de ferramentas de softwares para Problemas de Corte em MPE’s Moveleiras”.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é propor um método para apoiar a seleção de ferramentas de software que auxiliem na resolução do problema de corte em micro e pequenas empresas do segmento moveleiro.

Para alcançar esse objetivo geral, alguns objetivos específicos são definidos:

- 1) Mapear os métodos de solução existentes para o problema de corte na literatura;
- 2) Aplicar uma pesquisa *survey* em empresas brasileiras de modo a fazer uma análise descritiva dos resultados;
- 3) Identificar as características e necessidades do segmento moveleiro brasileiro;
- 4) Propor um método com diretrizes para escolha de uma ferramenta de software que solucione o problema de corte para MPE’s;
- 5) Aplicar as diretrizes propostas em um cenário real do segmento moveleiro, isto é, apresentar uma prova de conceito em uma microempresa.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

No capítulo 1, a introdução expõe a contextualização do tema, motivação e justificativa, as contribuições almejadas e os objetivos da pesquisa. O Capítulo 2 descreve a metodologia utilizada, assim como, uma síntese de ambos os artigos desenvolvidos, que são descritos na íntegra nos Capítulos 3 e 4, respectivamente. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais, lacunas na literatura e oportunidades de pesquisas futuras.

METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para alcançar os resultados da dissertação. O método e a estruturação da pesquisa são expostos e uma síntese dos dois artigos é apresentada.

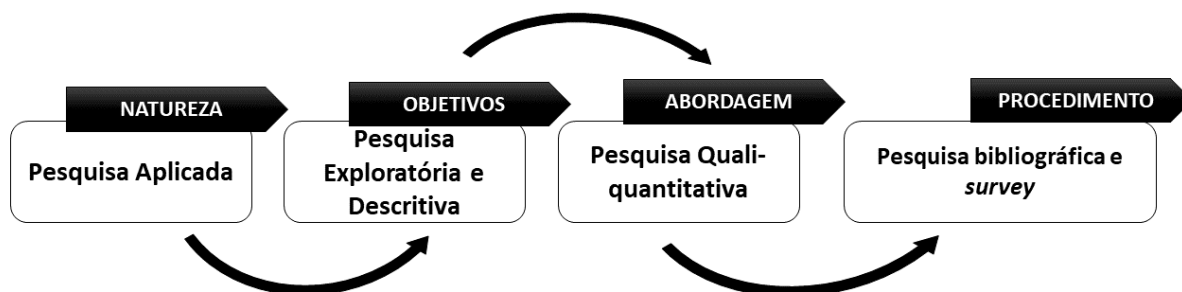
2.1 MÉTODO DE PESQUISA

Nesta seção, a pesquisa é caracterizada quanto à natureza, aos objetivos, à abordagem e aos procedimentos utilizados.

2.1.1 Caracterização da Pesquisa

A classificação dessa pesquisa, quanto à natureza, aos objetivos, à abordagem e aos procedimentos, foi realizada com base nos conceitos de Gil (2010), como mostra a Figura 2.

Figura 2– Caracterização da Pesquisa.



Fonte: Autora (2022).

Assim, de acordo com a Figura 2, com relação à natureza, esta pesquisa enquadra-se como uma pesquisa aplicada. Considerando os objetivos, ela pode ser classificada como

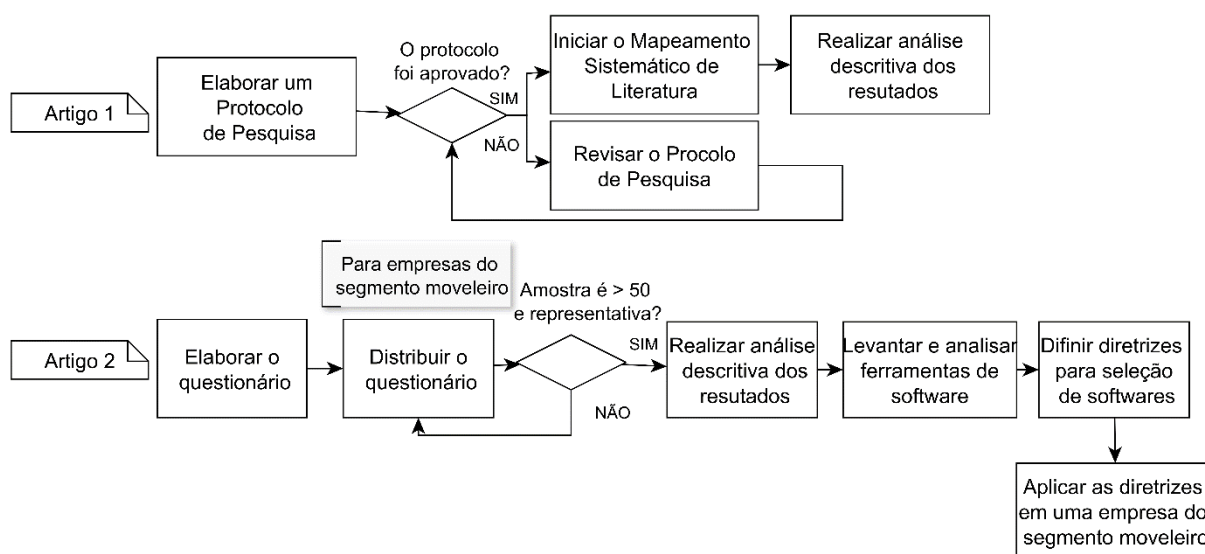
exploratória e descritiva, pois permite maior familiaridade com o tema, explorando formas de melhoria nos processos já existentes, além de descrever um conjunto de dados, resultantes da revisão sistemática e de uma pesquisa *survey*.

Em relação à abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, pois além de entender, descrever e classificar o problema de corte, ela também quantifica e avalia estatisticamente os resultados obtidos. Quanto aos procedimentos utilizados para conduzir o estudo, inicialmente foi utilizada uma pesquisa bibliográfica, de modo a fundamentar o tema. Em seguida, foi realizada uma pesquisa *survey*, visando ao conhecimento direto da realidade caracterizada por meio da aplicação de um questionário, que posteriormente teve as informações agrupadas e quantificadas.

2.1.2 Estruturação da Pesquisa

A estruturação desta pesquisa é composta por duas etapas, que são apresentadas na Figura 3 e resultam em dois artigos.

Figura 3 – Estruturação da Pesquisa.



Fonte: Autora (2022).

Na Etapa 1, antes de iniciar o mapeamento sistemático, um protocolo de pesquisa apresentado no Apêndice A, foi desenvolvido contendo todas as estratégias de buscas nas bases de dados. A validação do protocolo por 3 especialistas que trabalham na área de PO e na produção de móveis, sem vínculo com a pesquisa, permitiu uma revisão imparcial das estratégias adotadas, garantindo melhores resultados nas buscas. O mapeamento teve como

objetivo explorar o conhecimento existente sobre o tema, identificar características dos modelos e métodos mais utilizados para resolver os problemas de corte, bem como, discutir as lacunas existentes na literatura.

Na etapa 2, a pesquisa *survey* é iniciada com a elaboração de um questionário a ser aplicado de forma eletrônica às empresas do segmento moveleiro de todo o território nacional (Apêndice B). O principal objetivo desta etapa, consistiu em entender como as empresas atuais planejam a etapa de corte no processo de fabricação de móveis, assim como entender suas atuais necessidades.

Por fim, combinando os resultados encontrados no mapeamento, com a análise descritiva da pesquisa *survey*, foi possível fundamentar diretrizes, as quais foram aplicadas em um caso real, para guiar empresas do segmento moveleiro no momento da escolha de uma ferramenta de software para auxiliar no seu planejamento de corte.

2.2 SÍNTESE DOS ARTIGOS

Esta dissertação foi estruturada utilizando o modelo *multipaper*, no qual dois artigos, ligados às seções de introdução, metodologia e considerações finais, compõem a apresentação da pesquisa.

O primeiro artigo consiste em um mapeamento sistemático da literatura, com o objetivo de entender o cenário geral de pesquisa existente sobre o tema e ao mesmo tempo identificar oportunidades e lacunas existentes para trabalhos futuros.

O segundo artigo realiza uma pesquisa *survey*, visando identificar como as empresas atuais planejam a etapa de corte no processo de fabricação de móveis e quais são suas atuais necessidades, para então propor diretrizes que direcionam empresas do segmento moveleiro na escolha de ferramentas de software de acordo com suas características individuais.

A Tabela 1 apresenta as principais informações dos dois artigos que compõem esta dissertação *multipaper*.

É possível notar na Tabela 1 que o primeiro artigo descreve uma análise exploratória do tema, no qual é realizada uma revisão sistemática da literatura que aborda o problema de corte de estoque na indústria de móveis, para então, levantar o corpo de conhecimento existente nesta área. O segundo artigo propõe identificar, por meio de uma pesquisa *survey*, como as empresas do segmento moveleiro atualmente planejam e executam seus planos de corte, e então propor um método com diretrizes para auxiliá-las no momento de selecionar uma ferramenta de software para resolver tal problema.

Tabela 1 – Síntese dos artigos.

CATEGORIA	ARTIGO 1	ARTIGO 2
TÍTULO	Mapeamento Sistemático de Literatura sobre o Problema de Corte no Segmento Moveleiro.	Um método de seleção de ferramentas de softwares para Problemas de Corte em MPE's Moveleiras.
OBJETIVO	Explorar o conhecimento existente sobre o problema do corte de estoque e suas aplicações na indústria moveleira, além de identificar lacunas na pesquisa.	Entender como as empresas do segmento moveleiro atualmente planejam e executam seus planos de corte, suas atuais necessidades e então propor um conjunto de diretrizes para orientar essas empresas na seleção de uma ferramenta de software para geração de padrões de corte.
ORIGINALIDADE	Embora existam algumas revisões sistemáticas da literatura sobre o PCE, nenhuma delas aborda as características específicas da indústria moveleira.	Embora existam propostas de métodos para solução do problema de corte na literatura, esses são mais direcionados a pesquisadores e profissionais da área de matemática e computação. Logo, este trabalho visa suprir a essa carência de uma visão prática do problema e como este pode ser resolvido por meio da seleção de um software já existente.
METODOLOGIA	Revisão sistemática da literatura com três fases principais: coleta de artigos, análise descritiva e avaliação dos resultados.	O desenvolvimento do artigo foi composto por quatro etapas: Projeto e elaboração da pesquisa <i>survey</i> ; Análise das ferramentas de software disponíveis no mercado; Proposta de um método para seleção de software e Prova de Conceito.
CONTRIBUIÇÕES	Dos 589 artigos mapeados na revisão sistemática, 50 deles foram selecionados, os quais forneceram uma visão das abordagens exatas, heurísticas e meta-heurísticas descritas na literatura para resolver o problema de corte de estoque na indústria moveleira. Lacunas na literatura também foram identificadas.	Um estudo empírico com empresas de pequeno porte possibilitou recolher informações de 73 empresas brasileiras. Isso proporcionou a tais instituições, maior transparência com o assunto, confirmando a importância de desenvolver o método para seleção de ferramentas de software para MPE's. Assim, as diretrizes do método foram criadas e aplicadas. Percebeu-se, então, que qualquer pessoa com um conhecimento básico sobre manufatura moveleira é capaz de acessar, ler, entender e aplicar as diretrizes, selecionando assim uma ferramenta e aplicando-a ao seu negócio para geração de padrões de corte, de modo mais prático e, na maioria das vezes, mais eficiente.

Fonte: Autora (2022).

Mapeamento Sistemático de Literatura sobre o Problema de Corte no segmento moveleiro

Resumo: Os processos de fabricação geralmente envolvem etapas em que os materiais são cortados em itens menores para produção de produtos. Na literatura, argumenta-se que esses processos são cruciais para o desempenho e a competitividade de empresas em diversos setores. Este artigo relata os resultados de uma revisão sistemática da literatura que explora o conhecimento existente sobre o problema de corte de estoque e suas aplicações na indústria moveleira. O protocolo de pesquisa identificou 50 artigos científicos publicados entre 1984 e 2020. Esses artigos foram analisados sob diferentes perspectivas, como os tipos de problemas, abordagens de solução, bem como as ferramentas de software utilizadas para implementar e resolver os problemas. Como resultado, a revisão sistemática forneceu uma visão geral das abordagens exatas, heurísticas e meta-heurísticas descritas na literatura para resolver o problema de corte de estoque na indústria de móveis. Também foram identificadas lacunas de pesquisa, como a falta de estudos utilizando funções multi-objetivo. A literatura também carece de pesquisas que classifiquem esse tipo de problema na indústria moveleira e que ajudem as empresas desse segmento a escolher métodos para resolvê-lo.

Palavras-chave: Problema de Corte de Estoque; Indústria Moveleira; Corte bidimensional; Mapeamento Sistemático.

Abstract: Manufacturing processes often involve steps where materials are cut into production parts or even final products. In the specialized literature it is argued that these processes are crucial to the performance and competitiveness of companies in a variety of industries. This paper reports the results of a systematic literature review that explores the existing body of knowledge about the cutting stock problem and its applications in the furniture industry. The research protocol was able to identify 50 scientific papers published between 1984 and 2020. These papers were analyzed from different perspectives such as the types of problems, solution approaches, as well as software tools used to implement and solve the problems. As a result, the systematic review provided an overview of the exact, heuristic, and meta-heuristic approaches described in the literature to solve the cutting stock problem in the furniture industry. Research gaps were also identified, such as the lack of studies using multi-objective functions. The literature also lacks surveys aimed at the self-knowledge of furniture companies and that direct existing solution methods for them, based on their characteristics and more applicable to their realities.

Keywords: Cutting Stock Problem; Furniture industry; Systematic Literature Review; Exact Methods; Heuristic Methods.

1. INTRODUÇÃO

Em muitos contextos industriais, processos produtivos geralmente envolvem alguma etapa de corte de materiais. A matéria-prima utilizada nesses processos pode envolver objetos maiores padronizados para serem cortados em tamanhos menores variados. Esse problema é comumente conhecido na literatura como Problema de Corte de Estoque (PCE).

De acordo com Gramani, Franca e Arenales (2011), Cherriet et. al. (2014) e Gonçalves, Resende e Costa (2014) o problema de corte de estoque pode ser definido como a atividade de cortar peças maiores (objetos) disponíveis em estoque, com a finalidade de produzir peças menores (itens) para atender uma dada demanda utilizada na montagem de produtos finais, buscando otimizar uma função objetivo que pode ser, por exemplo, minimizar a perda de material, ou o custo dos objetos cortados, ou maximizar o lucro.

O problema de corte também é fortemente presente nas indústrias do setor moveleiro, já que sua matéria-prima envolve placas de madeira maciça, aglomerados, compensados ou MDF (*Medium Density Fiberboard*). A necessidade de cortar essas placas maiores padronizadas em diferentes itens menores, é o que resultará nas peças para montagem de móveis residenciais, institucionais e de escritórios, por exemplo.

De acordo com o *Global Forest Resources Assessment* (2020) grande parte das florestas do mundo fornecedoras da matéria prima para o segmento de móveis, estão concentradas na Rússia e no Brasil. O clima e as áreas disponíveis ao plantio, assim como o domínio em tecnologia florestal coloca o Brasil como um país com grande potencial de crescimento, relativo à cadeia florestal-madeireira.

Enquanto China, União Europeia e Estados Unidos são os maiores produtores mundiais de móveis, Estados Unidos e Reino Unido também são os principais importadores de mobiliários do Brasil (BRAINER, 2019). Em 2018, o país somou 715,29 milhões de dólares em exportações para 168 países e as exportações de móveis brasileiros para o Estados Unidos cresceram quase 90% entre 2016 e 2018 (Abimovél, 2021).

Embora, de acordo com previsões do *Euromonitor International* (2019) a tendência para o mercado mundial de móveis seja de crescimento, a incorporação tecnológica nesse segmento ainda é inferior à maioria das indústrias de transformação. A maioria das produtoras de móveis é composta atualmente por micro e pequenas empresas, e apesar de existir uma grande quantidade de estudos disponíveis na literatura sobre o problema de corte, são limitados os que consideram as características do segmento moveleiro.

Apesar do problema de corte de estoque ser fácil de ser representado matematicamente,

ele é difícil de ser solucionado, pois mesmo que haja um domínio finito de soluções, essas podem ser difíceis de serem enumeradas (POLDI E ARENALES, 2009).

A importância operacional e econômica atrelada ao problema de corte de estoque, essa dificuldade em resolvê-lo, e a necessidade de desenvolver métodos de soluções mais eficientes, de acordo com Melega, Araujo e Jans (2018), têm motivado pesquisas sobre o tema.

Com isso, Melega, Araujo e Jans (2018) descrevem uma revisão de literatura sobre problemas de corte de estoque integrado ao dimensionamento de lote e Wascher, Haubner e Schumann (2007) apresentam uma tipologia baseada na de Dyckhoff (1990) para classificar características do problema de corte, mas nenhum desses estudos se limitam ao segmento de móveis.

Para preencher essa lacuna, este estudo descreve o primeiro mapeamento sistemático relacionado ao problema de corte na indústria moveleira com a finalidade de buscar e explorar o conhecimento existente sobre o tema, identificar lacunas na literatura, caracterizar os estudos identificados e classificá-los de acordo com métodos e ferramentas utilizadas. Oportunidades de novas pesquisas na área também são destacadas. Assim, esse mapeamento busca fornecer uma referência para pesquisadores da área e para gestores, permitindo que esses encontrem com maior facilidade estudos que respondam às suas necessidades.

A estrutura deste artigo é dividida da seguinte forma. A Seção 2 mostra a definição, estrutura geral e formulação tradicional do problema de corte. A Seção 3 dispõe sobre os materiais e métodos utilizados no estudo, abordando estratégias de buscas e seleção na subseção 3.1 e processo de busca e seleção na subseção 3.2. A Seção 4 apresenta os resultados e discussões das buscas e suas subseções relatam uma análise descritiva dos 50 artigos retornados. As considerações finais são expostas na Seção 6.

2. ESTRUTURA DO PROBLEMA DE CORTE

De acordo com Wascher, Haubner e Schumann (2007), o problema de corte possui dois conjuntos de elementos: um conjunto de objetos grandes, que corresponde aos dados de entrada e abastecimento, e um conjunto de itens pequenos, que representa a produção demandada, sendo estes definidos em uma, duas, três, até n dimensões geométricas.

Itens mobiliários como mesas, cadeiras, armários de cozinha, estantes, guarda-roupas, entre outros, são produzidos a partir das montagens desses diferentes itens menores provenientes do corte de objetos maiores (MORABITO e ARENALES, 2000).

Ressalte-se que a forma geométrica como os itens pequenos são dispostos no objeto maior, origina o denominado padrão de corte, e Wascher, Haubner e Schumann (2007) ainda destacam que todos os itens pequenos devem estar inteiramente dentro da geometria do objeto maior e não devem se sobrepor.

Primordialmente, ao resolver um problema de corte, vários subproblemas estão sendo resolvidos simultaneamente, pois é necessário selecionar os objetos maiores, selecionar os itens menores, agrupar os itens menores, alocar esses subconjuntos de itens menores no objeto maior e arranjá-los geometricamente (WASCHER, HAUBNER E SCHUMANN, 2007). Assim, uma solução para o problema de corte, de acordo com Cherri et. al. (2014), pode ser chamada de plano de corte, o qual fornece quantas vezes cada padrão de corte fornecido será utilizado para produzir os itens.

Em relação ao modelo matemático associado ao problema de corte, a seguir é apresentada a modelagem de Gilmore e Gomory (1961, 1963) abordada em Melega, Araujo e Jans (2018), pois esta, se mostra mais flexível e conhecida quando comparada a outros modelos relacionados.

Conjuntos

P : Conjunto de peças.

J : Conjunto de padrões de corte.

Parâmetros

a_j^p : número de vezes que a peça p é inclusa no padrão de corte j .

d^p : demanda da peça p .

Variáveis de decisão

Z_j : número de objetos cortados de acordo com o padrão de corte j .

$$\min \sum_{j=1}^J Z_j \quad (1)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^J a_j^p Z_j \geq d^p \quad \forall p \quad (2)$$

$$Z_j \in z_+ \quad \forall j \quad (3)$$

A função objetivo (1) minimiza o número de objetos cortados, a restrição (2) garante que a demanda de peças seja atendida e a restrição (3) é de integralidade das variáveis.

Considerando ainda no modelo matemático as dimensões dos objetos maiores e itens menores, Moengin *et al.* (2019) propõem a modelagem a seguir:

Parâmetros

α_{ik} : número de produtos do tipo k produzidos, usando o padrão de corte i .

d_k : demanda total do produto do tipo k .

P : número de padrões de corte.

l_k : comprimento do produto do tipo k .

w_k : largura do produto do tipo k .

h_k : altura do produto do tipo k .

LWH : tamanho do objeto maior (comprimento \times largura \times altura).

lwk : tamanho do produto do tipo k (comprimento \times largura \times altura).

Q : quantidade de painéis disponíveis para corte.

Variáveis de decisão

x_i : número de painéis que serão cortados de acordo com o padrão de corte i .

$$\min \sum_{i=1}^P \left(LWH - \sum_{k=1}^N l_k w_k h_k \alpha_{ik} \right) x_i \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^P \alpha_{ik} x_i \geq d_k \quad \forall k \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^P x_i \leq Q \quad (6)$$

$$x_i \geq 0 \text{ inteiro para } \forall k \quad (7)$$

A função objetivo (4) visa minimizar o desperdício total, a restrição (5) garante que todos os produtos exigidos pelos clientes sejam produzidos, a restrição (6) considera a capacidade das placas utilizadas e a restrição (7) garante números inteiros e não negativos para todas as variáveis.

Analisando as formulações matemáticas acima, é possível notar um número elevado de variáveis de decisão. De acordo com Poldi e Arenales (2009), um problema de corte de estoque pode ser formulado como um problema de otimização linear inteira, mas para lidar com a dificuldade do grande volume de colunas, devido às possibilidades de combinações dos pequenos itens, Gilmore e Gomory (1963) propõem a relaxação da restrição de integralidade (3), propondo o método simplex com geração de colunas.

Yanasse e Morabito (2006) ainda destacam algumas características quando os cortes a serem realizados são guilhotinados. O padrão chamado de 1 estágio é quando cortes paralelos longitudinais de guilhotina são produzidos. O padrão de 2 estágios é quando essas tiras já cortadas são posicionadas uma a uma e novos cortes paralelos transversais são gerados nela. Se após os dois estágios não houver necessidade de corte adicional, esse padrão é chamado exato, caso contrário, é não exato e passa a ser denominado padrão de 3 estágios, até n estágios.

Também é importante ressaltar que, as partes do objeto que permanecem após o processo de corte não ocupadas por itens, são chamadas de resíduos ou perdas, não podendo ser reaproveitadas. No entanto, quando as dimensões dos resíduos estão dentro do especificado pelo tomador de decisão nomeia-se sobras, ou seja, partes do material que podem ser reaproveitadas para produção de um pedido futuro (MENDES, FERNANDES E PEREIRA, 2015).

Melega, Araujo e Jans (2018) abordam o problema de dimensionamento de lote integrado generalizado em 3 níveis, o Nível 1 corresponde ao planejamento de aquisição de objetos a serem cortados, o nível 2 corresponde ao processo de corte e o nível 3 é referente à produção do produto. No caso de estudar apenas o problema de corte, este está contido no nível 2, especificamente.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O mapeamento sistemático da literatura, método utilizado neste estudo, permite entender o cenário geral de pesquisa existente sobre a temática. Neste caso, esta análise está focada no problema de corte no setor moveleiro, e ao mesmo tempo busca identificar oportunidades e lacunas existentes para trabalhos futuros (Kitchenham e Charters, 2007; Petersen e Kuzniarz, 2015).

Basicamente, as etapas que compõem este mapeamento sistemático são planejamento, condução e análise de resultados. Na etapa de planejamento, é necessário definir questões e termos de pesquisa. No processo de condução, os dados devem ter detalhes suficientes para responder as perguntas de pesquisa e a análise dos resultados deve ser capaz de resumir esses dados, sem a necessidade de uma análise profunda das técnicas, mas capaz de resultar em classificações interessantes, encontrando evidências sobre o assunto (Kitchenham e Charters, 2007).

Um protocolo de pesquisa foi desenvolvido para auxiliar e validar essas etapas do mapeamento sistemático, e para sua condução foram utilizadas como ferramentas de apoio Microsoft Excel™ e o *software* StArt™. A Ferramenta StArt (*State of the Art through Systematic Review*) é uma ferramenta gratuita que visa a auxiliar na construção do protocolo de pesquisa, assim como na construção de revisões sistemáticas.

3.1 Estratégias de busca e seleção

Para compor as estratégias de buscas, algumas perguntas de pesquisa foram definidas para guiar a identificação de narrativas interessantes, de modo a alcançar os objetivos dessa pesquisa, são elas:

PP1: Como os trabalhos existentes caracterizam os problemas de corte?

PP2: Quais métodos estão sendo utilizados para resolver problemas de corte?

PP3: Quais ferramentas computacionais estão sendo empregadas para resolver problemas de corte?

De modo a responder essas perguntas, a estratégia de busca definida para o mapeamento sistemático iniciou-se com a definição das palavras-chave que posteriormente foram combinadas a fim de compor uma *string*. Sendo esta, de acordo com Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015), desenvolvida para identificar e combinar palavras-chave, de modo a encontrar estudos de acordo com o objetivo e relacionados às perguntas de pesquisa. Assim, a *string* utilizada nas buscas teve pequenas variações dependendo da base de dados, porém foi baseada

em:

(“cutting stock problem” OR “cutting problem” OR “cutting pattern” OR cutting) AND (“furniture industry” OR “furniture sector” OR “furniture manufacturing” OR furniture OR “wood industry”) AND (“mathematical model” OR “mathematical modeling” OR “engineering problem” OR heuristic OR metaheuristic* OR optimization* OR simulation*)*

A *string* relaciona termos sobre problema de corte, somados ao setor moveleiro e aos métodos de resolução, variando e combinando estes com os operadores booleanos “OR” e “AND”.

As estratégias de busca também incluíram a definição das fontes a serem utilizadas, sendo elencadas 11 para a realização das buscas, as quais são listadas na Tabela 2, com seus respectivos endereços online e resultados.

Para a escolha das fontes de busca listadas acima, foram consideradas aquelas que possuem publicações na área da Engenharia, Tecnologia e Computação. As buscas manuais são buscas de publicações no *Google Scholar*, das quais não foram importados todos os resultados, mas sim, artigos selecionados. Não houve limitação no período inicial das publicações, considerando-se nas buscas todos os artigos publicados nas bases até 2020. Em relação ao idioma, foram apenas considerados artigos publicados na língua inglesa.

Tabela 2 - Fontes de busca definidas para a pesquisa.

ID	Fonte	URL	Resultados da busca
1	Wiley Online Library	https://onlinelibrary.wiley.com	93
2	ScienceDirect	https://sciencedirect.com	90
3	Engineering Village	https://engineeringvillage.com	89
4	Taylor & Francis	https://tandfonline.com	65
5	ProQuest	https://www.proquest.com/	57
6	Scopus	https://www.scopus.com/	45
7	ACM Digital Library	https://dl.acm.org/	42
8	EBSCO HOST	https://search.ebscohost.com	40
9	Portal de Periódicos CAPES	http://periodicos.caes.gov.br	28
10	IEEE Xplore	https://ieeexplore.ieee.org	26
11	Web of Science	http://webofknowledge.com/	12

12	Busca Manual	https://scholar.google.com.br	10
Total			597

Fonte: Autores (2020).

Para compor as estratégias de seleção, critérios de exclusão e inclusão foram definidos com o objetivo auxiliar na identificação de artigos diretamente relacionados às questões de pesquisa. Portanto, foram excluídos artigos que se enquadram em pelo menos um dos critérios abaixo:

Critério 1: Que não estejam publicados em inglês;

Critério 2: Não relacionados à geração de padrões de cortes;

Critério 3: Que não consigam responder satisfatoriamente às questões de pesquisa;

Critério 4: Quando não aplicados na indústria moveleira e madeireira;

Critério 5: Não contribui para expansão do estado da arte do tema;

Critério 6: Quando encontrados artigos duplicados, apenas o mais completo será mantido;

Critério 7: Não disponível online para leitura completa.

Os critérios de inclusão adotados foram os seguintes, sendo aceitos artigos que se enquadram em pelo menos um deles:

Critério 8: Artigos relacionados aos problemas de corte na indústria moveleira e madeireira;

Critério 9: Que responda satisfatoriamente às questões de pesquisa;

Critério 10: Que apresente proposta de métodos para gerar padrões de corte;

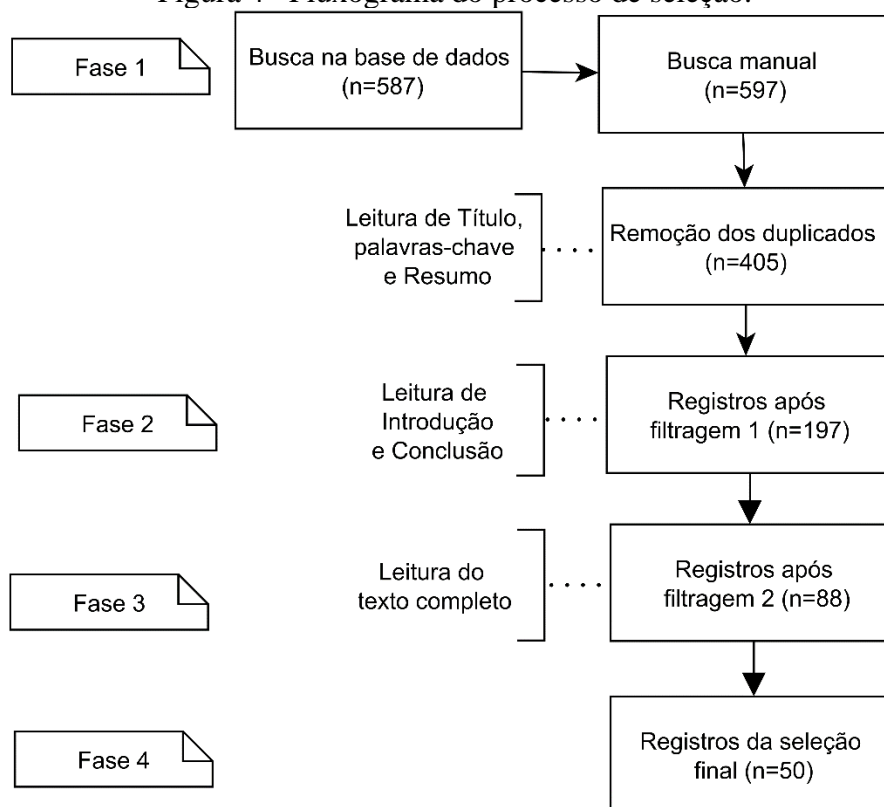
Critério 11: Quando mais de um artigo apresentar resultados distintos de um mesmo estudo, todos serão incluídos.

3.2 Processo de busca e seleção

Na primeira fase, foi aplicada a *string* nas bases de dados e listados os artigos restantes após aplicação dos critérios de exclusão e inclusão. Uma busca manual também foi realizada nas fontes de busca, permitindo encontrar estudos que não utilizam a combinação proposta de palavras-chave ou que estejam indexados em outras bases, que não as listadas na Tabela 1. Na segunda fase, foi realizada a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, e foram selecionados os artigos de acordo com os critérios de exclusão e inclusão. Na fase seguinte, foi realizada a leitura da introdução e conclusão, buscando identificar narrativas relevantes. Na quarta e última fase, foi feita a leitura completa dos textos selecionados na Fase 3 para extração das informações relevantes. A quantidade de estudos selecionados em cada uma das etapas é apresentada na Figura 4.

A Fase 1 resultou na identificação de 597 artigos. Depois de serem excluídos 192 trabalhos duplicados, a amostra se reduziu para 405 artigos. Após a primeira filtragem, restaram 197 artigos; após a segunda filtragem, restaram 88 artigos, e com a seleção final, 50 artigos foram lidos por completo e utilizados para análise e extração das informações.

Figura 4– Fluxograma do processo de seleção.



Fonte: Autora (2022).

Wascher, Haubner e Schumann (2007) apresentam uma tipologia baseada no trabalho de Dyckhoff (1990), que organiza sistematicamente características do problema de corte e embalagem em categorias com base em um conjunto de critérios. De acordo com Wascher, Haubner e Schumann (2007), há uma classificação quanto ao tipo de função objetivo, se esta é de minimizar, maximizar ou multiobjetivo. Também é considerada a variedade de pequenos itens, se as demandas são uniformes ou variáveis, a variedade de objetos grandes, se esses são homogêneos ou heterogêneos; assim como, se o problema é unidimensional, bidimensional, tridimensional ou n-dimensional, e se a forma dos pequenos itens deve ser ortogonal ou não.

Assim, para uma melhor avaliação dos trabalhos encontrados, estes 50 artigos podem ainda ser classificados de acordo com categorias e critérios baseados em Wascher, Haubner e Schumann (2007), como mostra a Tabela 3.

De acordo com a Tabela 3, os trabalhos encontrados na literatura podem ser categorizados em três aspectos: dados, método e foco.

Tabela 3 – Esquema para classificação das pesquisas.

Categoria	Crítérios	Classificação
Dados	Dimensão	Unidimensional
		Bidimensional
		Tridimensional
		n-dimensional
	Função Objetivo	Minimização
		Maximização
		Multiobjetivo
	Setor de aplicação	Moveleira
		Madeira
	Padrão de corte	Restrito
		Guilhotinado
	Procedência	Reais
		Instâncias sintéticas
		Benchmark
		Programação Linear Inteira
		Programação Não Linear
		Fluxo de Arco
		Branch and Bound
		Geração de Colunas
		Programação Dinâmica
Método Enumerativo		
Problema da Mochila		
Outros		
Heurística		Método Construtivo
		Método de Decomposição
	Método de Busca	
	Outros	
Meta-heurística	Método Construtivo	
	Busca em Vizinhança	
	Outros	
Foco	Tipo de pesquisa	Aplicação
		Comparação

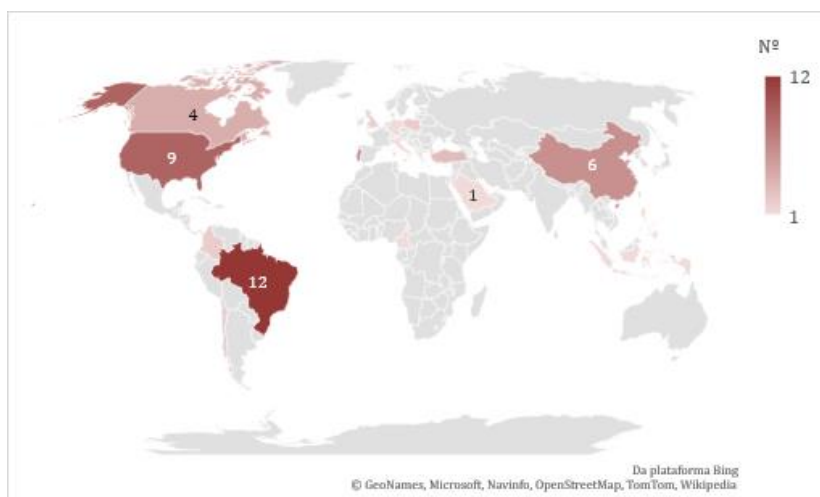
Fonte: Adaptado de Wascher, Haubner e Schumann (2007).

Na categoria dados, os trabalhos podem ser divididos em dimensões, objetivos, padrões de corte, procedências diferentes e setor de aplicação. Na categoria método, os trabalhos podem ser divididos por uso de métodos exatos, heurísticos e metaheurísticos. E ainda em relação ao foco, estes podem ser de aplicação, ou seja, com teste em instâncias ou em casos reais ou apenas de comparação. É possível que um único estudo se enquadre em mais de uma classificação. Tais classificações serão melhor abordadas nas seções seguintes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma análise descritiva foi realizada com base nos 50 artigos finais, selecionados após as 4 fases do mapeamento. Foi avaliada a localização dos autores no momento da realização do estudo, ou seja, a distribuição geográfica dessas publicações, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Distribuição geográfica das publicações



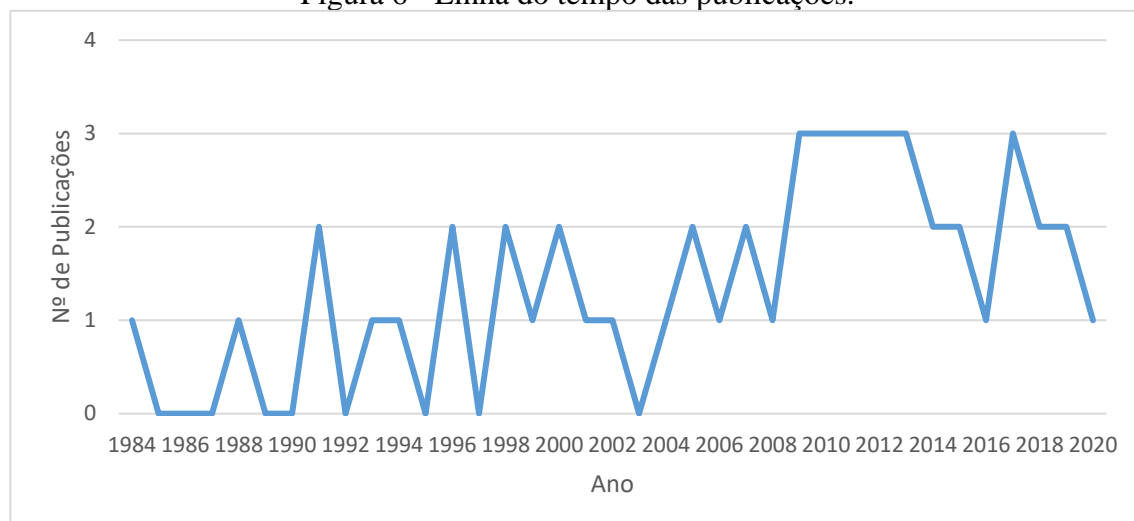
Fonte: Autora (2022).

Na Figura 5 é possível notar que os autores dos artigos são de 18 países diferentes, destacando-se o Brasil com 12 publicações sobre o tema, seguido de Estados Unidos, Portugal e China, somando esses 4 países juntos mais de 50% das publicações.

Em relação ao ano de publicação, foram considerados artigos publicados nas bases de dados até 2020. A linha do tempo das 50 publicações é mostrada na Figura 6.

Na Figura 6 é possível notar que ao longo do tempo não houve aumento ou queda significativa no número de publicações, o que sugere uma estabilidade. Porém é possível notar um aumento na média de publicações a partir de 2009.

Figura 6 - Linha do tempo das publicações.



Fonte: Autora (2022).

Considerando o local de publicação dos artigos finais, alguns são oriundos de periódicos e outros de conferências, conforme descrito na Tabela 4. Os números identificadores dos artigos estão em sequência cronológica, conforme Apêndice C.

É possível notar que 88% das publicações são em periódicos científicos, destacando-se a “*European Journal Of Operational Research*” com 7 artigos publicados, e 12% das publicações se originam de conferências.

Seguindo com uma análise descritiva dos 50 artigos finais, foi possível responder as 3 questões de pesquisa, que serão abordadas nas subseções seguintes.

Tabela 4 - Fontes das publicações.

Fonte	ID	Qtd.
Revistas		
European Journal Of Operational Research	S3 S6 S10 S21 S27 S34 S47	7
International Journal Of Production Research	S7 S13 S17 S19 S22 S32	6
Journal Of The Operational Research Society	S1 S39 A41	3
Annals Of Operations Research	S12 S40	2
Computers & Industrial Engineering	S28 S45	2
Computers & Operations Research	S26 S46	2
Engineering Optimization	S20 S25	2
Asia-Pacific Journal of Operational Research	S30	1
Advanced Materials Research	S31	1
Advances In Intelligent Systems And Computing	S44	1
Assembly Automation	S18	1
Bioresources	S48	1
Computers In Industry	S2	1

Engineering Applications Of Artificial Intelligence	S35	1
Forest products journal	S5	1
IFAC Proceedings Volumes	S37	1
IIE Transactions	S11	1
International Journal Of Production Economics	S36	1
International Transactions In Operational Research	S50	1
Journal Of Computational And Applied Mathematics	S8	1
Journal Of Industrial Engineering And Management	S33	1
Journal of Manufacturing Technology Management	S16	1
Journal of the Franklin Institute	S29	1
Operational Research Society Ltd	S4	1
OR Spectrum	S38	1
Procedia Computer Science	S43	1
Robotics And Computer-Integrated Manufacturing	S14	1
Conferências		
10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)	S42	1
10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design	S23	1
Chinese Control and Decision Conference	S24	1
International Symposium on Intelligent Control	S15	1
IOP Conference Series	S49	1
Proceedings Of Thirtieth Southeastern Symposium On System Theory	S9	1

Fonte: Autora (2022).

4.1 Categorização das pesquisas

A fim de classificar os 50 estudos resultantes do processo de seleção, a Tabela 5 apresenta detalhadamente cada critério e classificação das categorias “Dados” e “Foco”.

Artigos que abordam problemas de corte bidimensionais foram os mais comuns entre os trabalhos selecionados, sendo o foco de 39 artigos, seguido dos unidimensionais. A classe dos problemas tridimensionais não foi utilizada em nenhum dos estudos, mas apenas mencionada na revisão de literatura de Melega, Araujo e Jans (2018), uma vez que a matéria-prima utilizada nesse segmento se restringe a placas, vigas ou toras.

Outras dimensões somaram 4 estudos, sendo eles respectivamente: peças com formato “L” abordado por Roberts (1984), polígonos como uma forma de remodelar estacas de formato arbitrário em Sumey e Klinkhachorn (1998), círculos referentes a cortes e toras de madeira em Pradenas, Garcés, Parada e Ferland (2013) e corte de peças irregulares compostas em estruturas de sofás de Konukcu e Zhang (2019).

Tabela 5 - Características gerais dos estudos selecionados.

ID	Dados															Foco	
	Dimensão				Função Objetivo			Setor de Aplicação		Características		Procedência dos dados			Tipo de Pesquisa		
	Uni	Bi	Tri	Outro	Min	Max	M.O	Moveleira	Madeiraira	Guilhotinado	Restrito	Reais	Sintéticas	Benchmark	Aplicação	Comparação	
S1		✓		✓			✓	✓				✓			✓		
S2		✓			✓			✓		✓		✓			✓		
S3		✓			✓			✓				✓			✓		
S4		✓			✓			✓		✓	✓		✓		✓		
S5		✓				✓		✓					✓		✓		
S6		✓				✓		✓		✓			✓		✓		
S7	✓				✓				✓	✓				✓	✓		
S8		✓			✓			✓		✓		✓			✓		
S9				✓		✓			✓			✓			✓		
S10		✓			✓			✓				✓	✓		✓		
S11		✓			✓				✓			✓	✓		✓		
S12		✓				✓		✓		✓			✓		✓		
S13		✓			✓			✓		✓		✓			✓		
S14		✓				✓			✓			✓			✓		
S15	✓				✓			✓				✓			✓		
S16		✓			✓			✓				✓			✓	✓	
S17	✓				✓			✓				✓			✓		
S18	✓				✓			✓				✓			✓		
S19		✓				✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓		
S20		✓				✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
S21	✓				✓				✓	✓		✓	✓		✓		
S22		✓				✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	
S23		✓			✓			✓		✓	✓	✓			✓		
S24		✓			✓				✓			✓			✓	✓	
S25		✓			✓			✓		✓		✓		✓	✓		
S26		✓			✓			✓		✓		✓			✓	✓	
S27		✓			✓			✓		✓	✓	✓	✓		✓		
S28		✓			✓			✓			✓		✓		✓		
S29		✓			✓			✓		✓			✓		✓		
S30		✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓		

S31		✓				✓		✓								✓
S32		✓				✓			✓	✓		✓			✓	
S33		✓			✓				✓	✓			✓		✓	
S34		✓			✓			✓		✓			✓		✓	
S35				✓	✓				✓		✓		✓		✓	
S36		✓			✓			✓		✓			✓		✓	✓
S37		✓			✓			✓		✓		✓			✓	
S38		✓				✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
S39		✓			✓			✓				✓			✓	
S40		✓					✓	✓		✓		✓			✓	
S41	✓				✓			✓		✓			✓	✓	✓	
S42		✓			✓			✓		✓						✓
S43		✓					✓	✓		✓			✓		✓	
S44		✓			✓			✓					✓		✓	
S45		✓			✓			✓	✓			✓		✓	✓	✓
S46		✓			✓			✓				✓			✓	
S47*																✓
S48				✓		✓		✓				✓			✓	
S49		✓			✓			✓				✓			✓	
S50	✓				✓				✓			✓			✓	
Nº de estudos	7	39	0	4	34	12	3	38	11	27	10	31	20	9	47	11

Fonte: Autora (2022).

Em relação à função objetivo, 44 artigos são de minimização, 14 de maximização e 3 multiobjetivos. A Tabela 6 mostra cada artigo com sua respectiva função objetivo utilizada.

Tabela 6 - Função Objetivo abordada pelos 50 artigos.

Função Objetivo	ID do Artigo	Qtd.
Minimizar o desperdício	S2 S4 S7 S8 S11 S13 S16 S17 S18 S21 S33 S35 S42 S44 S49 S50	16
Minimizar custo	S3 S12 S13 S21 S24 S28 S29 S34 S37 S39 S46	11
Minimize o uso de placas	S14 S16 S23 S25 S26 S31 S36 S49	8
Minimize pilhas abertas	S10 S45	2
Minimize os resíduos	S15 S30	2
Minimize a área da placa	S20	1
Minimize o número de cortes	S27	1
Minimizar padrões	S36	1
Minimize a altura da tira usada	S41	1
Minimizar inventário	S44	1
Maximize a ocupação das placas	S5 S6 S20 S47	4
Maximizar o rendimento	S9 S14 S48	3
Maximize o valor das peças	S19 S22 S38	3
Maximizar recompensas	S32	1
Multiobjetivo	S1 S40 S43	3

Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 6 a F.O “Minimizar o desperdício” se destacou, como o objetivo de 16 artigos. Essa função objetivo se refere à redução dos desperdícios diante dos recortes na placa maior. Em relação à maximização, o mais abordado foi “Maximizar a ocupação das placas”, referindo-se ao melhor aproveitamento do espaço da placa no momento de alocar os itens a serem cortados. Contudo, problemas com funções multiobjetivos também se mostraram escassos, uma vez que são abordados apenas por Roberts (1984), Toscano, Rangel e Yanasse (2015) e Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016), constituindo mais uma lacuna presente na literatura.

Roberts (1984) aborda objetivos diretamente conflitantes, minimização de resíduos, minimização do número líquido de sobras potencialmente reutilizáveis e otimização da utilização da serra. Os resultados mostraram que pode se esperar alguma degradação no desempenho da heurística em casos de lotes menores do que os testados e para placas de tamanho inferior a 3000mm. Já a heurística proposta em Toscano, Rangel e Yanasse (2015) foi inspirada nos trabalhos de Diegel *et al.* (2006) e Vasko *et al.* (2000) visando a encontrar um equilíbrio entre o número total de objetos e o número total de ciclos de serra, a fim de encontrar uma variedade de soluções não dominadas, mantendo

um compromisso entre esses dois objetivos.

No trabalho de Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016), o tomador de decisão pode definir pesos para os múltiplos objetivos conflitantes, como maximização do espaço médio ocupado por itens em um padrão, minimização da perda de corte, número de padrões, número de padrões objetos usados e número de varejistas criados. No final, o valor da função objetivo é a soma ponderada.

Dos trabalhos selecionados, aproximadamente 78% são relacionados diretamente ao setor moveleiro. Há também 22% de trabalhos classificados como atividades madeireiras, que são provenientes de fábricas de madeira em geral, como cortes de toras e tábuas.

Alguns artigos ainda mencionaram características importantes e essenciais para formulação do problema, como o corte ser guilhotinado e restrito. É importante destacar que essas classificações não estão presentes em todos os artigos, pois alguns não mencionaram nenhuma dessas características, enquanto outros mencionaram mais de uma.

Para as pesquisas que tiveram aplicação, a procedência dos dados testados foi avaliada, podendo ser classificados como dados reais, sintéticos (criados por procedimentos aleatorizados ou com algum método de auxílio) ou instâncias de benchmark, ou seja, aquelas já utilizadas por outros autores anteriormente, como mostra a Tabela 7. Dados com procedências em paralelo podem ter sido utilizados por um mesmo artigo.

A Tabela 7 mostra os estudos que utilizaram instâncias de benchmark e onde encontrar utilizações anteriores desses respectivos conjuntos de instâncias.

Tabela 7 - Instâncias de benchmark.

ID do estudo	Referência dos conjuntos de instâncias
S19	Vianna <i>et al.</i> (2002).
S22	Vianna <i>et al.</i> (2002), Morabito e Arenales (2000).
S25	Christofides e Whitlock (1977), Beasley (1985), Berkey e Wang (1987) e Martello e Vigo (1998).
S30	Christofides e Whitlock (1977), Beasley (1985), Berkey e Wang (1987), Martello e Vigo (1998).
S36	Silva <i>et al.</i> (2010), Imahori <i>et al.</i> (2005).
S38	Carnieri <i>et al.</i> (1993), Vianna e Arenales (2006).
S41	Rita <i>et al.</i> (2010), Silva <i>et al.</i> (2010), Mrad <i>et al.</i> (2013), Cintra <i>et al.</i> (2008), Lodi <i>et al.</i> (2004), Bettinelli <i>et al.</i> (2008).

Fonte: Autora (2022).

Durante a seleção e leitura completa dos artigos, notou-se que o tema foi abordado com diferentes nomenclaturas. O problema de corte de objetos maiores em itens menores é mais comumente conhecido como “*Cutting Stock Problem*” ou apenas como “*Cutting Problem*” que são sinônimos, seguido por “*Cutting Sequencing Problem*”. De acordo com Wascher, Haubner e Schumann (2007), é possível ver que o nome dado ao problema que visa cortar itens menores dado um objeto maior, depende da função objetivo, das dimensões do objeto maior a ser cortado e dos itens menores. Assim, é possível ver que esse mapeamento direcionou o enfoque para trabalhos com dimensões dos objetos maiores com dimensões fixas e com dimensão de itens menores fracamente heterogêneos, ou seja, “*Cutting Stock Problem*”. Também se nota que “*Bin Packing Problem*” contrasta com o “*Cutting Stock Problem*”, com uma variedade heterogênea de pequenos itens a serem cortados.

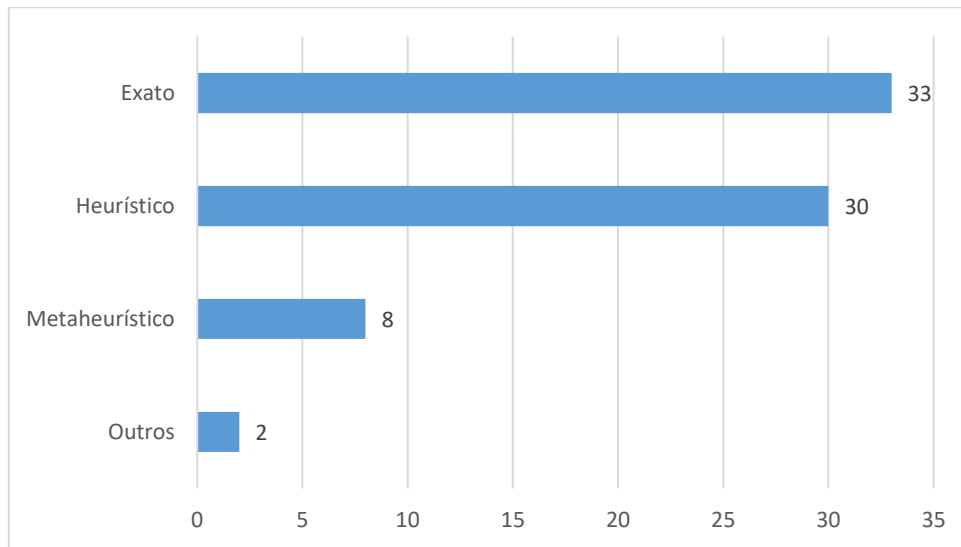
É possível notar que alguns estudos também abordaram o problema do dimensionamento de lotes integrado ao problema de corte de estoque, sendo eles Gramani, França e Arenales (2011), Vanzela, Rangel e Araujo (2013), Silva, Alvelos e Carvalho (2014) e Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017).

4.2 Métodos utilizados para resolver problemas de corte

Análises em relação ao método de formulação e resolução do problema também foram avaliadas buscando responder à segunda pergunta da pesquisa. Inspirado em Dong e Tang (2009), há basicamente três classes diferentes de métodos de solução para resolver esse tipo de problema: métodos exatos, heurísticos e metaheurísticas. A Figura 7 mostra a quantidade de artigos que abordaram cada uma dessas três classes.

De acordo com a Figura 7, é possível perceber que alguns artigos aplicaram mais de uma técnica, já que a soma destes ultrapassam o número total de 50 artigos. Na classe “Outros”, apareceram 2 artigos, sendo uma revisão de literatura e a utilização de um software comercial.

Figura 7 - Métodos de formulação e resolução usados.



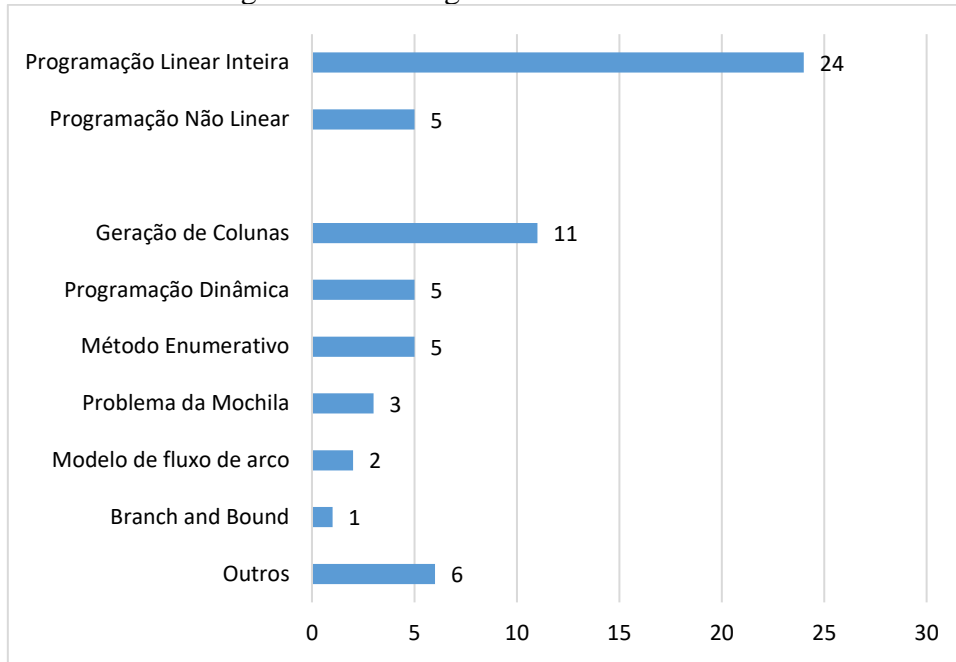
Fonte: Autora (2022).

A frequência dos usos de métodos exatos e heurísticos para resolução desse tipo de problema são bem próximas e predominantes, possivelmente por se tratar de uma comparação entre a eficiência, qualidade e tempo de solução, entre outros desempenhos desses diferentes métodos. Na Figura 8, é possível ver os métodos exatos utilizados pelos 33 artigos.

A Figura 8 mostra que a maioria das publicações que optaram por abordar o método exato, referiram-se à Programação Linear Inteira. Muitos desses métodos vêm acompanhados de um modelo linear relaxado, ou seja, desconsiderando as restrições de integralidade das variáveis inteiras.

Entre os modelos relaxados estão os trabalhos de Foronda e Carino (1991), Lee e Sewell (1999), Morabito e Arenales (2000), Yanasse e Morabito (2006), Morabito e Belluzzo (2007), Yanasse e Morabito (2008), Macedo, Alves e Carvalho (2010), Silva, Alvelos e Valério de Carvalho (2010), Gramani, França e Arenales (2011), Cui e Huang (2012), Vanzela, Rangel e Araujo (2013), Silva, Alvelos e Carvalho (2014), Toscano, Rangel e Yanasse (2015), Mrad (2015) e Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017). Um exemplo de relaxação apresentado na maioria desses trabalhos é o método de Geração de Colunas, o que pode decorrer da sua popularidade na literatura para resolução desse tipo de problema.

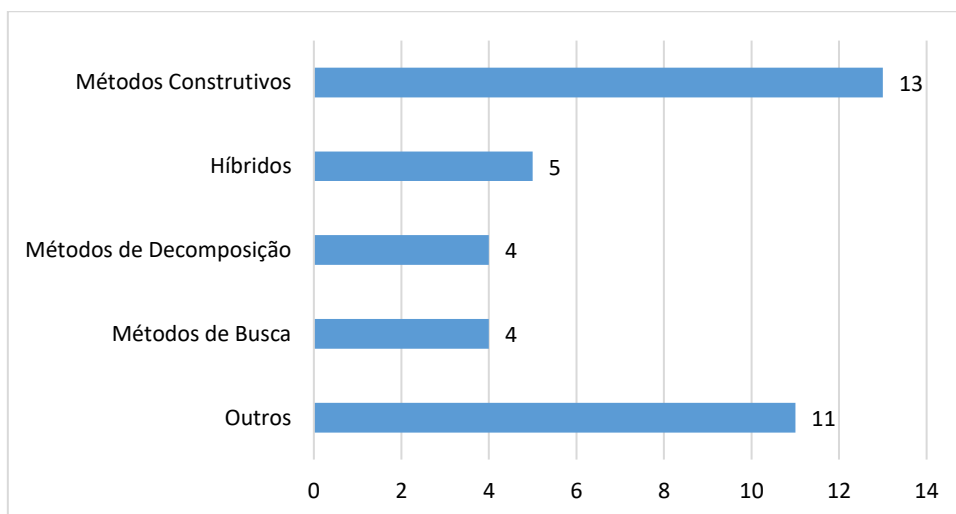
Figura 8 - Abordagem em métodos exatos.



Fonte: Autora (2022).

Diversos trabalhos optam por desenvolver algoritmos heurísticos para encontrar soluções de qualidade em menores tempos computacionais, o que torna os métodos heurísticos mais adequados aos problemas reais encontrados em muitas empresas (Zanakis e Evans, 1981). As heurísticas podem ser classificadas de acordo com o modo que buscam e constroem as soluções. Veja na Figura 9, a frequência de utilização de cada método heurístico em 30 artigos.

Figura 9 - Abordagem em métodos Heurísticos.



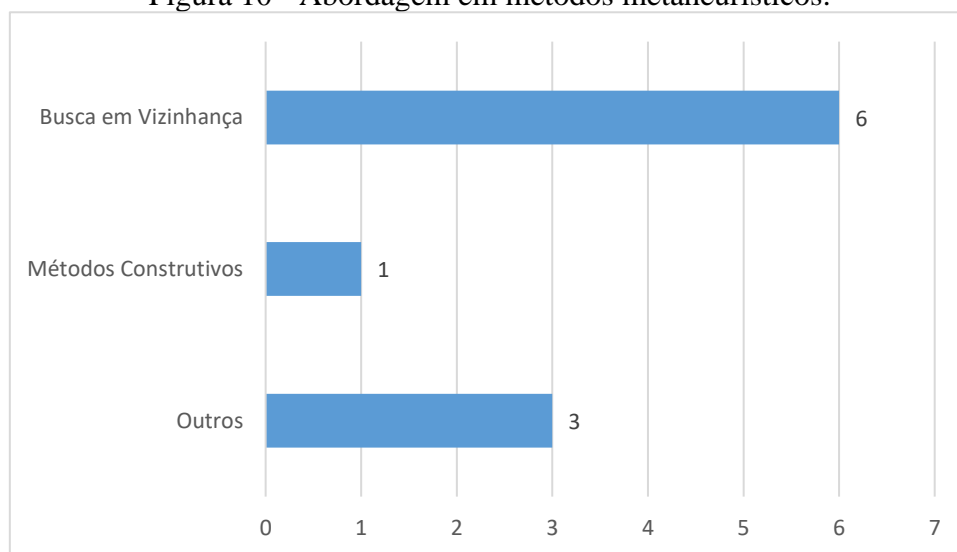
Fonte: Autora (2022).

Na Figura 9, os Métodos Construtivos se destacaram sendo utilizados em 13 artigos. Tais métodos constroem a solução de forma sequencial, adicionando gradualmente componentes individuais à solução, até obter uma factível. Por exemplo, regra do vizinho mais próximo, algoritmos gulosos ou algoritmos gananciosos. Em seguida, aparecem os métodos híbridos que utilizam mais de um método heurístico, ou este combinado com um método exato. Os métodos de decomposição dividem o problema em subproblemas menores. Assim, quando resolvidos apresentam a solução para o problema global. Logo, os métodos de buscas iniciam-se com uma solução factível e a melhora iterativamente.

Abordagens de heurística residual, métodos fuzzy, heurísticas de viabilidade, além de outros métodos heurísticos adaptados pelos próprios autores dos artigos, estão agrupadas dentro da classe “Outros” somando juntos 11 estudos.

Os métodos metaheurísticos, os quais são estratégias para projetar procedimentos heurísticos, também foram abordados em alguns dos 50 estudos. A Figura 10 mostra a frequência de utilização de cada método metaheurístico.

Figura 10 - Abordagem em métodos metaheurísticos.



Fonte: Autora (2022).

Entre os métodos metaheurísticos, a Busca em Vizinhança se destacou sendo utilizada por 6 artigos. Esse método percorre espaços de buscas, levando em consideração a “vizinhança” da solução atual. Alguns exemplos são *Tabu Search* e *Annealing Algorithm*.

O estudo classificado como uma metaheurística construtiva, é referente ao uso do

método GRASP, que se trata de uma metaheurística construída por heurísticas contrutivas.

Para melhor relacionar e explorar os 50 estudos, a subseção 4.3 apresenta a formulação e método de resolução do problema de cada pesquisa com mais detalhes.

4.3 Métodos de formulação e resolução mencionados na literatura

Nesta subseção são apresentadas com mais detalhes as características dos métodos de solução utilizados por cada um dos 50 estudos selecionados para o final. A Tabela 8 mostra a variedade de métodos exatos, heurísticos e metaheurísticos utilizado por cada estudo identificado.

Na Tabela 8, é possível notar que na classe dos exatos, o método mais frequente foi a utilização da Programação Linear Inteira, seguido pela técnica Geração de Colunas. Em relação aos métodos heurísticos, as heurísticas construtivas também foram bastante mencionadas, assim como as híbridas. Sobre as metaheurísticas, o método de busca em vizinhança também se destacou, com uso de técnicas como algoritmo de recozimento.

Vale destacar que entre os 50 estudos selecionados, a abordagem de metaheurísticas aparece pela primeira vez em Faggioli e Bentivoglio (1998) como uma forma de resolver o problema de corte. Os autores usaram uma abordagem trifásica para o problema de sequenciamento de corte, e na primeira fase, um algoritmo guloso produziu uma boa solução inicial, que é melhorada na segunda fase por uma pesquisa tabu, ou um procedimento de pesquisa local generalizado. Enquanto, na última fase, o problema é resolvido de forma otimizada por um procedimento de enumeração implícita exata. Também utilizando a pesquisa tabu, Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016) forneceram melhores resultados comparados a utilização do método Greedy Randomized Adaptive Search Procedimento (GRASP).

Lee e Sewell (1999) desenvolveram um recozimento simulado que superou significativamente outras três heurísticas existentes, e do mesmo modo os resultados foram rápidos e eficientes usando recozimento genético em Yue e Gao (2009).

No estudo de Pradenas, Garcés, Parada e Ferland (2013), o problema é formulado como um problema de programação inteira em que os padrões são obtidos usando algoritmo genético e recozimento simulado, combinados à heurística construtiva ou procedimento exato. Consequentemente, os melhores resultados foram combinando programação inteira com algoritmo genético.

Tabela 8 - Métodos de formulação e resolução mencionados pelos 50 artigos.

Métodos	Método Exato								Métodos Heurísticos								Método Metaheurísticos			Outros							
									Métodos de decomposição		Métodos Construtivos			Métodos de Busca	Outros			Métodos Construtivos	Busca em Vizinhança		Outros						
ID do Estudo	Método Enumerativo	Modelo de fluxo de arco	Programação Dinâmica	<i>Branch and Bound</i>	Programação Linear Inteira	Programação Não Linear	Problema da Mochila	Geração de Colunas	Outros	Heurística de decomposição	Solução recursiva	Estruturas Estocásticas de	Algoritmo Guloso	Heurística Construtiva	Heurística Sequencial	Heurística Busca Local	Heurística Residual	Método <i>Fuzzy</i>	Híbrida	Outros	GRASP	Pesquisa Tabu	Recozimento Simulado	Outros	Outros		
S1																											
S2																					✓						
S3*					✓	✓	✓	✓	✓												✓						
S4	✓														✓						✓						
S5																					✓						
S6*			✓				✓	✓													✓						
S7	✓				✓			✓																			
S8					✓			✓																			
S9																					✓						
S10	✓												✓			✓							✓				
S11					✓																		✓				
S12						✓			✓																		
S13					✓			✓						✓													
S14*																✓											
S15																			✓								
S16					✓										✓					✓							
S17*					✓						✓								✓	✓							
S18											✓								✓	✓							
S19					✓	✓			✓																		
S20*				✓																							
S21			✓		✓			✓					✓	✓						✓							

Um pouco diferente dos anteriores em Kokten e Sel (2020), os resultados comparativos mostraram que o algoritmo de decomposição atingiu melhores resultados em comparação com recozimento simulado.

Em Mendes, Fernandes e Pereira (2015), é proposto o aplicativo e sistema IMMO (Otimização de Gestão Integrada de Materiais) que visa auxiliar a criação de planos de corte que facilitam o próprio processo de corte, enquanto objetiva à minimização do desperdício de matéria-prima. O aplicativo citado é composto por algoritmos de construto ou heurística residual e algoritmos de melhoria.

Alvelos, Chan, Vilaça, Gomes, Silva e Carvalho (2009) lidaram com heurísticas baseadas em sequência, testaram dois conjuntos de heurísticas gulosas, três de pesquisas locais e propuseram uma metaheurística denominada VND, que permite explorar sistematicamente as três estruturas de vizinhança da pesquisa local. Em Chan, Alvelos, Chan, Silva e De Carvalho (2011), uma heurística baseada em procedimentos gulosos e estruturas estocásticas de vizinhança foi proposta, na qual os resultados foram comparados com a metaheurística decrescente de vizinhança.

Silva, Alvelos e Carvalho (2014) propuseram dois modelos de programação inteira unidos a duas heurísticas, o primeiro sendo uma extensão do modelo proposto por Silva *et al.* (2010); e o segundo, uma extensão do modelo proposto por Dykhoff (1981). Os resultados mostram que nenhum dos modelos foi dominante. Lima e Carvalho (2017), buscando a minimização de pilhas abertas (MOSP), apresenta um método de busca local e dois de busca sistemática, metaheurística de descida de vizinhança variável e de descida mais íngreme aninhada. Buehlmann e Thomas (2001) validaram o software de otimização de produção de madeira serrada, chamado ROMI-RIP que também utilizou algoritmos de busca exaustivos.

Em Roberts (1984), foi utilizada uma heurística para resolver o problema com função multiobjetivo. Um pouco depois, Nee e Long (1988) desenvolveram um programa de otimização para auxiliar nos procedimentos de planejamento de operações de fábricas de móveis de pequeno porte.

Em Macedo, Alves e Carvalho (2010), foi proposto um modelo de fluxo de arco de programação linear inteira, formulado como um problema de fluxo mínimo. Já, em Mrad (2015), foi adaptado o modelo de fluxo de arco, desenvolvido por Rita et al (2010) para dois problemas de estoque de embalagem dimensional para o caso com apenas dois estágios de corte.

Morabito e Belluzzo (2007) mostram que abordagens utilizando fórmulas recursivas de programação dinâmica, combinadas com heurísticas construtivas gulosas e o algoritmo simplex

primal, foram capazes de produzir soluções melhores do que as utilizadas atualmente pela empresa. Em Fathi e Kianfar (2012), o modelo alternativo de programação dinâmica proposto foi eficaz, mesmo quando os números e os tipos de defeitos observados nas superfícies das tiras são relativamente grandes. Com raciocínio semelhante, Danwe, Bindzi e Mevaa (2012) formulam o problema de otimização assimilado a um problema de mochila que é resolvido também usando o método de programação dinâmica. Afsharian, Niknejad e Wäscher (2014) comparam uma abordagem heurística baseada em programação dinâmica equipada com conjuntos de discretização com um algoritmo de programação dinâmica gestado, que resultou em soluções excelentes.

Um algoritmo exato foi proposto usando uma abordagem de baixo para cima combinada com técnicas branch-and-bound em Cui (2007).

Yanasse, Zinober e Harris (1991) e Silva, Alvelos e Valério de Carvalho (2010) usaram um procedimento heurístico sequencial com um esquema enumerativo, e todo o software necessário para o algoritmo de Fathi, Kegler e Culbreth (1996), foi desenvolvido pelos autores e chamado de Gang-Rip Saw Arbor Design System (GRADS), o qual emprega o conceito de geração de coluna em programação linear e um esquema de enumeração parcial. Esse estudo ficou limitado à utilização de computadores ultrapassados, o que demorou no tempo de execução para uma instância pequena.

Morabito e Arenales (2000), assim como outros autores, combinaram programação linear com o procedimento de geração de colunas, resultando em uma programação linear inteira relaxada. Aqui eles comparam os resultados de duas funções objetivos distintos, minimização do desperdício e minimização do custo, que foi bastante diferente no que diz respeito à utilização de tipos de placas. Gramani, França e Arenales (2011) utilizam o modelo de Gramani, França e Arenales (2009) relaxando as configurações, mas incluindo o armazenamento de peças. Na sequência, uma abordagem de decomposição é apresentada para resolver o problema em duas etapas. E, por fim, uma abordagem exata, utilizando o método geração de colunas, também é apresentado para resolver o modelo combinado. Ficou evidente que o problema combinado antecipou a produção de algumas peças, aumentando os custos de armazenamento, entretanto, obteve uma redução vantajosa no número de placas usadas, levando a um ganho geral significativo.

Cui e Huang (2012) também utilizam geração de coluna para padrões de corte de três estágios, e notou-se que com o crescimento do número de itens, cresce a utilização do material, o percentual de redução de cortes diminui com o aumento do número de tamanhos de placa, o

tempo de cálculo não é muito sensível aos tamanhos dos itens e a utilização da placa aumenta com tamanhos menores de itens. Uma técnica de geração de coluna é usada para resolver um relaxamento linear do modelo matemático proposto em Vanzela, Rangel e Araujo (2013) que é atualizado em Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017).

Um algoritmo chamado SELECT foi desenvolvido por Foronda e Carino (1991) e incorporou técnicas de programação linear inteira e não linear, incluindo técnicas de empacotamento de nível e geração de coluna. Em Klempous, Kotowski e Szlachcic (1996), para a estimativa do valor ótimo da função objetivo, tentou-se aproximar os valores da função objetivo em iterações consecutivas. O resultado da aproximação se encaixa melhor nos dados de entrada, quando o problema é mais complexo, com um número maior de iterações.

Um procedimento de solução heurística para resolver o corte ideal de madeira serrada com defeito é descrito por Carnieri, Mendoza e Luppold (1993). Carnieri, Mendoza e Gavinho (1994) apresentaram o procedimento da mochila modificado e dois algoritmos heurísticos para aumentar a eficiência computacional da mochila. Comparando o procedimento padrão com o modificado, houve uma pequena melhoria na função objetivo. A limitação desse estudo é a instância de teste simples. Já Carnieri e Mendoza (2000) fornecem um algoritmo fracionário (procedimento modificado) que reduz cerca de 36% de resíduos em comparação com o procedimento padrão. O teste ofereceu apenas resultados indicativos que não poderiam ser generalizados para maiores sistemas de produção.

Em Yazgaç e Özdemir (2004), o algoritmo proposto é composto por um modelo matemático na primeira fase, que dá entrada para a heurística de sequenciamento em uma segunda fase. Os resultados foram considerados pelos autores como sendo úteis para tal planejamento na vida real. O modelo foi testado empregando duas funções objetivo diferentes: minimização do desperdício e minimização do número total de painéis que serão cortados. Assim como o anterior, Cui, Yang, Zhao, Tang e Yin (2013) também utilizam uma heurística de agrupamento sequencial e os resultados mostram que as soluções estão próximas de ótimo, que o método é poderoso na minimização de entrada e redução de padrões e a computação paralela é útil para reduzir o tempo de computação.

Moengin, Harahap, Adisuwiryo e Fransiska (2019) desenvolveram um algoritmo de dois estágios para o problema de sequenciamento de corte de um móvel, em que na primeira fase um modelo de programação linear inteira é usado para determinar o número de painéis rígidos que serão cortados por cada tipo de padrão, testado com dois diferentes funções objetivo. E, a segunda fase consistiu em uma heurística que decide sobre o sequenciamento

dos padrões de corte. Não houve diferença entre as duas formulações.

Ghodsi e Sassani (2002) propõem um algoritmo Fuzzy adaptativo para priorizar e classificar a sequência de corte, que teve resultados promissores em todos os testes comparado com métodos Crisp 1, e 2 e Fuzzy 1 e 2. Em Ghodsi e Sassani (2005a), os resultados se mantiveram promissores, agora fazendo uso de dois sub-algoritmos principais: fuzzy adaptativo e solução recursiva que são mais bem detalhados em Ghodsi e Sassani (2005b). Dong e Tang (2009) também utilizam heurística baseada em regras fuzzy.

Entre outros métodos, Sumey e Klinkhachorn (1998) investigaram os ganhos potenciais em utilização da placa pela remodelação de peças como polígonos em vez de simplesmente usar seus retângulos, o que resultou em um aumento da utilização de material quando comparado com a abordagem retangular.

Yanasse e Morabito (2006) apresentaram modelos lineares inteiros e não lineares para gerar padrões de 1 grupo de corte guilhotina bidimensional restritos e irrestritos, incluindo casos exatos e não exatos. Já, em uma atualização em Yanasse e Morabito (2008), foram propostos modelos lineares para gerar restrições de 2 e 3 grupos em padrões de corte guilhotina bidimensionais.

No estudo de Maturana, Pizani e Vera (2010), o modelo matemático teve uma performance melhor somente quando os cenários eram altamente restritos, o desempenho da heurística era semelhante à do modelo matemático.

Ma e Yang (2011) estabeleceram um modelo matemático para resolver o problema de otimização e criaram um algoritmo heurístico, que ao executá-lo, utilizaram métodos de design orientado para objetos.

Toscano, Rangel e Yanasse (2015) propõem cortes por frequências e cortes por ciclos, e ambos os algoritmos foram capazes de encontrar soluções semelhantes. A simulação experimental de Klosowski, Kozlowski e Gola (2017) confirmou a eficiência do método analisado que empregou programação linear inteira e contabilizou o limite de rejeições. O modelo matemático do sistema de apoio à decisão realizou a otimização multicritério, ou seja, a minimização do estoque de produto semiacabado criado durante o corte de placas de móveis e minimização de corte de resíduos, incluindo rejeitos ocorridos no processo de produção.

Melega, Araujo e Jans (2018) classificou a literatura relacionada ao dimensionamento de lote e problema de corte de estoque resolvidos de forma integrada, e Konukcu e Zhang (2019) usaram o software Platane para resolver um problema envolvendo estruturas de sofá. Os resultados mostraram que o rendimento do corte do material foi aumentado, aumentando

a largura do painel a ser cortado.

4.4 Ferramentas computacionais empregadas para resolver problemas de corte

Como o problema estudado pelos artigos selecionados são relacionados à otimização, as técnicas utilizadas para a resolução de problemas de corte requerem a utilização de ferramentas computacionais para a obtenção de soluções, como mostra a Tabela 9.

Em relação aos softwares, o IBM ILOG CPLEX se destaca como o mais utilizado pelos artigos, na maioria das vezes, utilizando configurações padrões e seus próprios pacotes de otimização.

Alguns trabalhos não especificaram o software utilizado, essa conduta pode estar associada ao uso de metaheurísticas.

Tabela 9 - Softwares abordados.

Software	ID do Artigo	Nº de estudos
IBM ILOG CPLEX	S2 S11 S19 S22 S26 S27 S28 S29 S35 S39 S41 S50	12
FICO Xpress	S37 S40 S46	3
Lingo	S16 S24	1
Matlab	S28 S44	2
AMPL	S15	1
GAlib	S35	1
Microsoft Visual Cpp	S32	1
Plataine	S48	1
Ubuntu	S45	1
WinQSB	S49	1
IMMO Solution Maker	S42	1
GRADS	S7	1
Poly-ALPS	S9	1
ROMI-RIP	S14	1
SELECT	S47	1

Fonte: Autora (2022).

Embora existam algumas ferramentas de software que permitem aos programadores simular os resultados do uso de diferentes padrões de corte, a programação ainda é algo trabalhoso e longe de ser instintivo para uso diário dos operadores de corte. Assim, escolher a linguagem e o software a ser utilizado pode variar de acordo com cada realidade e objetivo.

5. Consideração Finais

Este trabalho mapeou aspectos importantes no momento de formular um problema de corte. Para isso, 589 artigos foram importados diretamente das bases de dados, dos quais 50 foram selecionados para extração e análise de informações. As análises descritivas desses estudos selecionados foram conduzidas de forma a categorizar as pesquisas sobre problemas de corte e classificá-los de acordo com métodos e ferramentas utilizadas.

Um resultado que merece destaque foi o aumento na média de publicações a partir do ano de 2009. Analisando a distribuição geográfica dos autores, o Brasil se destacou com o maior número de autores das publicações, fato que pode estar relacionado às exportações e com o número significativo de empresas do setor no país, tanto de pequeno como grande porte.

O problema do tipo bidimensional apareceu mais vezes, pois em se tratando do setor moveleiro, este utiliza de itens retangulares para produção de móveis. Assim como sua matéria prima são placas de madeira maciça ou madeira compensada, o que também justifica a importância de o corte ser guilhotinado, ou seja, de uma extremidade a outra. A maioria dos artigos utilizaram como função objetivo a minimização, e a nomenclatura mais utilizada para se referir a problemas de corte, foi “Cutting Stock Problema”.

Em relação aos métodos de formulação e resolução do problema, há uma grande diversidade entre os 50 estudos, todavia, já é possível notar uma preferência por alguns deles. Em relação ao tipo de modelagem do problema, destacou-se a Programação Linear Inteira, na maioria das vezes, relaxada e resolvida juntamente com o método Geração de Colunas. Em seguida, destacaram-se Heurísticas Construtivas, Métodos de Decomposição e Híbridos e Metaheurísticas de Busca em Vizinhança. As técnicas Branch and Bound, Estruturas Estocásticas de Vizinhança, Heuristic Residual e GRASP ainda aparecem pouco exploradas, podendo ser oportunidades para próximos estudos.

Lacunas na literatura em relação a abordagens de problemas tridimensionais e funções multiobjetivo surgiram. A abordagem de dimensionamento de lotes integrado ao problema de corte, também apareceu entre os resultados e instiga a resolução da combinação de ambos os problemas que, muitas vezes, estão atrelados a indústrias de móveis moldados, que produzem um maior volume de um mesmo tipo de peça.

Sobre as oportunidades existentes de pesquisa a respeito do tema, o mapeamento levantou alguns insights. Ao gerar padrões de corte, notou-se nos trabalhos mapeados a importância de considerar não apenas objetos inteiros intactos, mas também as sobras de cortes anteriores, a fim de aproveitá-las. Fato que acrescenta um desafio a mais na resolução

do problema, já que as peças maiores disponíveis para corte se tornam fortemente heterogêneas. Além disso, uma boa gestão de estoque nessa abordagem, torna-se fundamental.

Entre os estudos que consideraram detecção de defeitos em placas no problema de corte, notou-se uma influência direta no padrão a ser desenvolvido, já que as áreas detectadas com defeitos nas placas devem ser desconsideradas da área disponível para corte, aumentando o desafio.

Limitar ou não a orientação dos itens a serem cortados também pode influenciar diretamente na geração dos padrões de corte. Assim, possuir uma programação para ambas as possibilidades pode ser fundamental em um contexto prático, já que na produção de móveis podem ser utilizadas placas lisas brancas ou coloridas, assim como tradicionais madeiradas ou estampadas. Sendo essas últimas com desenhos orientados, que quando não respeitados comprometem a estética final do produto.

Compreender como outros setores industriais, semelhantes ao moveleiro, abordam o problema de corte também pode contribuir com inovações na forma de formular e resolver o problema nesse setor. Explorar outros segmentos que também utilizam de cortes retangulares em placas retangulares podem trazer grandes oportunidades.

Com esse mapeamento sistemático, também se conclui a predominância de estudos na literatura que propõem métodos de resolução do problema. Ademais, poucos deles se preocuparam em deixar claro qual método é mais aplicável para realidade de cada tipo de empresa.

Assim, entre as lacunas existentes na literatura, identificou-se uma limitação de estudos que classifiquem os problemas de corte com base no tamanho da empresa, diversidade de demanda de objetos maiores, menores, restrições de corte, entre outras características do segmento moveleiro. Atualmente as empresas não conseguem se enquadrar facilmente em alguma classificação.

Do ponto de vista prático, considerando as diferentes características do ambiente de manufatura moveleira, bem como, analisando as reais necessidades dessas empresas, esse mapeamento também instiga mais estudos voltados para o autoconhecimento das empresas moveleiras e que direcionem os métodos de resolução já existentes para elas, com base nas suas características e mais aplicáveis para suas realidades.

Um método de seleção de ferramentas de softwares para Problemas de Corte em MPE's moveleiras

Resumo: O problema de corte de estoque no segmento moveleiro é bastante abordado pela literatura científica, porém a visão industrial ainda é pouco contemplada. Em atual expansão e composto em grande parte por micros e pequenas empresas, este segmento ainda possui grandes dificuldades na adoção de novas tecnologias, seja por resistência da mão de obra, falta de conhecimento, custos elevados, entre outras causas. Assim, o objetivo deste trabalho é propor um método de seleção de softwares que geram planos de corte, com base nas características das micro e pequenas empresas (MPE's) do segmento moveleiro. A princípio, foi realizada uma pesquisa *survey* aplicada a 73 empresas, distribuídas em 12 estados brasileiros. Ao inferir a predominância de empresas de menor porte neste segmento, sendo essas com maiores dificuldades na aquisição de tecnologia da informação, um método contendo diretrizes foi proposto para auxiliar na seleção de ferramentas de software para solução de problemas de corte. Por fim, essas diretrizes foram aplicadas em uma empresa moveleira de pequeno porte, no qual resultou na seleção de duas ferramentas a serem utilizadas pela empresa, afirmando a contribuição das diretrizes no processo de aquisição a TI em empresas de menor porte. Tal processo se faz necessário, pois, assim como ferramentas de software proporcionam melhorias incalculáveis, se forem mal selecionadas, podem ocasionar grandes impactos negativos para as organizações que as utilizam.

Palavras-chave: Seleção de softwares. Ferramentas de corte de estoque. Segmento moveleiro. Indústria moveleira.

Abstract: The Stock Cutting Problem in the furniture segment is widely addressed by the scientific literature, but the industrial vision is still little contemplated. Currently expanding and largely composed of micro and small companies, this segment still has great difficulties in adopting new technologies, whether due to labor resistance, lack of knowledge, high costs, among other causes. Thus, the objective of this work is to propose a method for selecting software that generates cutting plans, based on the characteristics of micro and small companies (MSE's) in the furniture segment. At first, a survey was carried out applied to 73 companies, distributed in 12 Brazilian states. By inferring the predominance of smaller companies in this segment, being these with greater difficulties in acquiring information technology, a method containing guidelines was proposed to assist in the selection of software tools to solve cutting problems. Finally, these guidelines were applied in a small furniture company, which resulted in the selection of two tools to be used by the company, affirming the contribution of the guidelines in the IT acquisition process in smaller companies. Such a process is necessary because, just as software tools provide incalculable improvements, if they are poorly selected, they can cause great negative impacts for the organizations that use them.

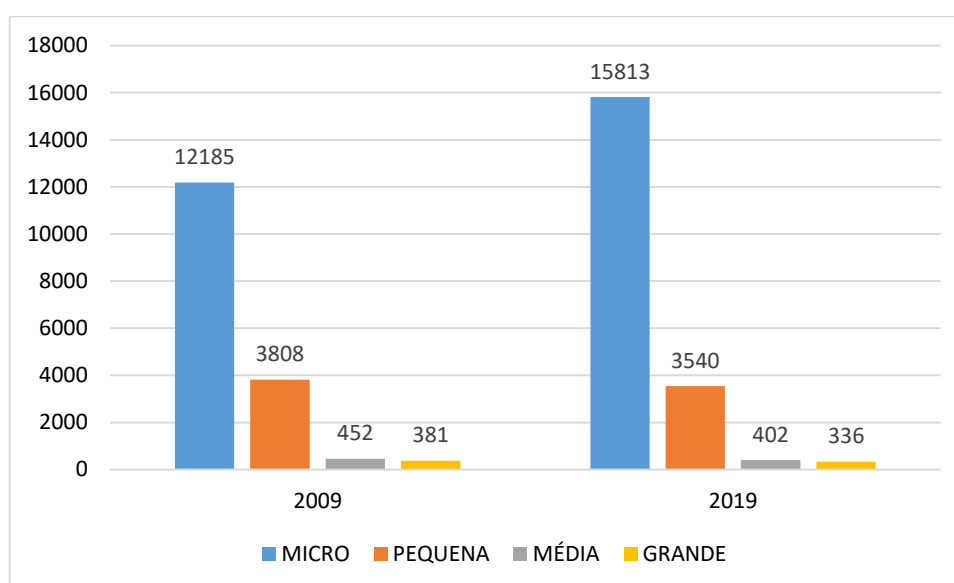
Keywords: Software selection. Stock cutting tools. Furniture segment. Furniture industry.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos cinco anos houve uma evolução na produção, comércio externo e canais de distribuição das empresas do setor moveleiro brasileiro, com uma tendência de crescimento para os próximos anos (BRAINER, 2021).

Ao olhar para os fabricantes de móveis no Brasil, é possível notar na Figura 11, que eles são compostos majoritariamente por micros e pequenas empresas (MPE's), com planejamentos estratégicos frágeis quando comparadas a concorrentes maiores (BRAINER, 2021).

Figura 11 – Estabelecimentos de fabricação de móveis no Brasil por porte da empresa.



Fonte: Adaptado de ETNE (2021).

Na Figura 11 é possível notar a predominância de micros e pequenas empresas no total de estabelecimento de fabricação de móveis no Brasil. A proporção de empresas de acordo com o porte se mantém há mais de dez anos. A prática desta atividade é registrada em praticamente todo o território nacional, sobretudo marcenarias que executam trabalhos customizados, de acordo com o pedido do cliente (GALINARI, TEIXEIRA JUNIOR, MORGADO, 2013).

Ao voltar o olhar para o processo produtivo comum do segmento moveleiro, independente do porte da empresa, ele se inicia com o corte das placas, de madeira ou seus derivados, em itens menores necessários para fabricação do móvel. Após os itens serem cortados, esses podem seguir, se necessário, para uma etapa de engrossamento, responsável por engrossar os itens em outras espessuras de acordo com o *design* do produto. Posteriormente, seguem para a colagem das bordas e fresa, o que fornece um acabamento para a peça. Após

essas operações, os itens são agrupados, furados e montados.

Em geral, a forma com que os padrões de corte são planejados e realizados para a obtenção desses itens menores é um grande desafio e difere de empresa para empresa e se chama problema de geração de padrões de corte (WASCHER, HAUBNER e SCHUMANN, 2007). Algumas realizam esse processo de forma empírica, o que pode acarretar grandes tempos de planejamento, execução e altas perdas. Já outras empresas possuem máquinas de corte mais modernas e softwares para ajudar na obtenção desses padrões.

Na literatura existem diversos artigos que relatam o problema de corte, entre eles Faggioli e Bentivoglio (1998), Lee e Sewell (1999), Yue e Gao (2009), Garcés, Parada e Ferland (2013), Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016), Lima e Carvalho (2017) e Moengin, Harahap, Adisuwiryo e Fransiska (2019). Todavia, ainda se carece de uma visão prática do problema e de como esse pode ser resolvido por meio da seleção de um *software*. Há um *gap* na literatura entre a pesquisa sobre o problema de corte e a implementação de métodos de solução em ferramentas comerciais de software

De acordo com Méxas, Quelhas e Costa (2011), muitas vezes a carência na adoção de TI pelas empresas e a dificuldade na seleção de softwares comerciais estão relacionadas a cinco fatores:

1. Grande número de ferramentas de software disponíveis no mercado;
2. Avanços e melhorias contínuas na tecnologia da informação;
3. Existência de incompatibilidades entre vários sistemas de hardware e software;
4. As não-similaridades funcionais são difíceis de avaliar entre pacotes de softwares;
5. Falta de conhecimento técnico e experiência dos usuários para a tomada de decisão de seleção de software.

Embora exista uma vasta oferta de ferramentas de software para o segmento moveleiro, a adoção de novas tecnologias nas organizações ainda é um grande desafio, principalmente para marceneiros autônomos, micro e pequenas empresas. Prates e Ospina (2004) relatam que a menor taxa de aquisição de ferramentas de software por parte das empresas de menor porte se deve pela cultura tradicional, falta de treinamento e a falta de compreensão dos benefícios que seriam trazidos nas atividades rotineiras. Isso, muitas vezes faz com que estas empresas continuem com tomadas de decisões baseadas no empirismo.

Méxas, Quelhas e Costa (2011) identificaram estudos que fornecem métodos para seleção de software. Entre os 33 estudos selecionados na revisão, apenas Shtub *et al.* (1988), Mohanty e Venkataraman (1993), Davis e Williams (1994), Abdi e Labib (2003), Bozdag *et al.*

(2003), Braglia *et al.* (2006), Chen e Cheng (2009) e Da Silva e Botter (2009) eram relacionados aos sistemas de manufatura e produção. Os demais estudos eram sobre sistemas financeiros e contábeis, aplicativos integrados (Sistemas de gestão empresarial, sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos, sistemas de gerenciamento do relacionamento com o cliente e outros) ou outras revisões de literaturas.

Os trabalhos citados acima selecionam softwares para MRP (*Manufacturing Resource Planning*), simulação, manutenção, desenvolvimento de novos produtos e sistemas logísticos. Neste trabalho, o método para seleção de softwares foi desenvolvido especificamente para empresas do segmento moveleiro, por atender características desse setor, que não são consideradas em outros métodos para seleção de software.

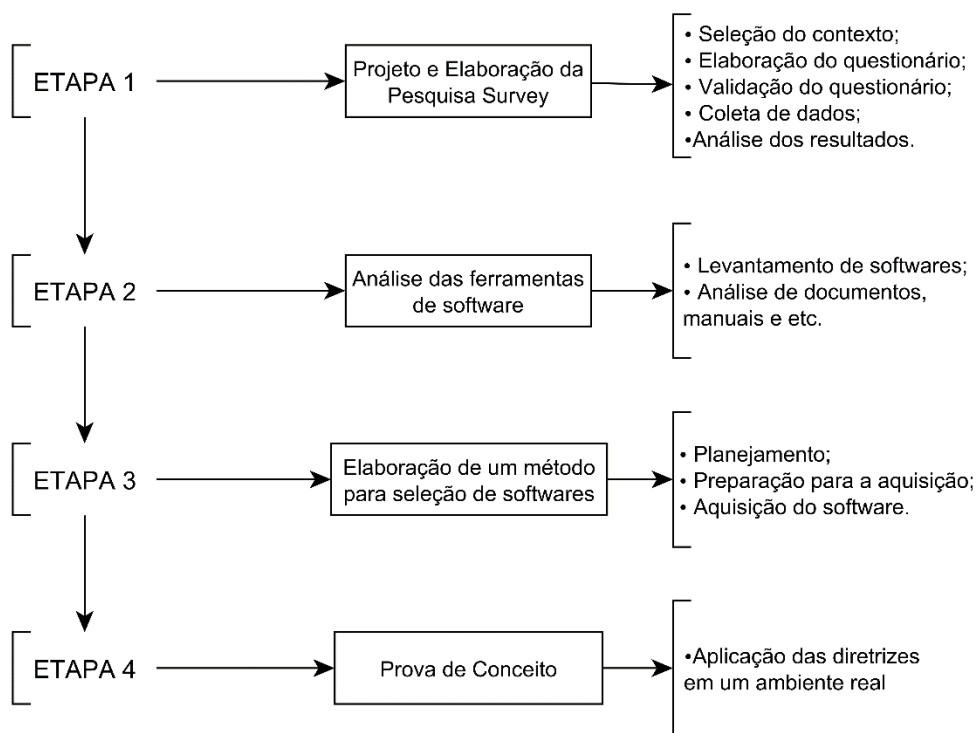
Para alcançar tal objetivo, primeiramente foi realizada uma pesquisa *survey*, com o intuito de entender como essas organizações enfrentam o problema de geração de padrões de corte. Posteriormente, foi realizado um levantamento de ferramentas de *softwares* disponíveis para isso. A partir desses elementos, foram propostas diretrizes para que empresas possam selecionar tais ferramentas de acordo com suas características e necessidades.

2. MÉTODO DE PESQUISA

O estudo foi dividido em quatro etapas principais, como mostra a Figura 12. A Etapa 1 inicia-se com a realização da pesquisa *survey*. A pesquisa *survey* teve como objetivo obter informações de empresas do segmento moveleiro por meio da aplicação de questões, evidenciando a problemática a partir da visão da indústria, gerando posteriormente dados quantitativos para gerar resultados e conclusões.

A segunda etapa buscou analisar algumas ferramentas de software já disponíveis no mercado, para então na Etapa 3 propor um método com diretrizes para o processo de seleção de uma ferramenta de software. Por último, essas diretrizes foram aplicadas e avaliadas em um ambiente industrial real, finalizando a Etapa 4.

Figura 12 – Método de pesquisa.



Fonte: Autora (2022).

A Figura 12 mostra as quatro etapas que compõem o método de pesquisa.

1. Projeto e elaboração da Pesquisa *Survey*: A pesquisa *survey* buscou entender como as empresas do segmento moveleiro atualmente resolvem o problema de corte, isto é caracterizar o problema a partir da visão da indústria. Apresentado na Seção 4, este método permite uma coleta de dados por meio de entrevistas ou questionários, que

são analisados posteriormente estatisticamente. Assim, é possível produzir descrições quantitativas da população formada por empresas do segmento moveleiro (FREITAS; OLIVEIRA; SACCOL; MOSCAROLA, 2000). Essa etapa foi dividida em seis passos, baseada em Forza (2002).

- 1.1 Seleção do contexto: foi estabelecido que qualquer empresa brasileira, inserida no segmento moveleiro seria apta a responder o questionário da pesquisa *survey*. O questionário não foi limitado a MPE's de modo a poder comparar sua realidade com as médias e grandes empresas.
- 1.2 Elaboração do questionário: o questionário elaborado conteve 20 questões, sendo elas de múltipla escolha, caixa de seleção e discursivas. As dimensões das questões contemplaram características dos respondentes, características da empresa (localização, porte, produtos), características da matéria-prima e processo, usabilidade de softwares e satisfação quanto ao processo de corte atual. O questionário desenvolvido está disponível no Apêndice B.
- 1.3 Validação do questionário: o teste piloto foi realizado com a colaboração de 3 voluntários aptos em avaliar se as questões estavam claras, compreensíveis e coerentes, sendo estes proprietários de empresas moveleiras. Após os testes, algumas atualizações foram necessárias de modo a seguir para coleta de dados.
- 1.4 Coleta de dados: o método utilizado para a coleta de dados foi contatar as empresas por meio de *e-mails* e redes sociais, fornecidos por sindicatos do segmento. Foi exposto o objetivo do trabalho e o *link* para responderem o questionário, que ficou disponível no *Google Forms*, por 45 dias.
- 1.5 Análise dos resultados: para melhor compreender os resultados, foram aplicadas técnicas de estatística descritiva.
2. Análise de ferramentas de softwares: Foi realizado um levantamento e identificado alguns dos softwares disponíveis atualmente no mercado, entre eles, citados nas respostas da pesquisa *survey* e provenientes de uma busca realizada na *internet*. Foram analisadas as funções dessas ferramentas com informações contidas em documentos, manuais, *sites*, além de entrevistas realizadas com alguns fornecedores.
3. Elaboração de um método para seleção de softwares: a Seção 5 propõe o método com diretrizes para a seleção de ferramentas de software, fundamentado pelas informações obtidas com a pesquisa *survey*, pela análise de ferramentas de software já existentes e baseado nos Requisitos e Avaliação de Qualidade de Sistemas e

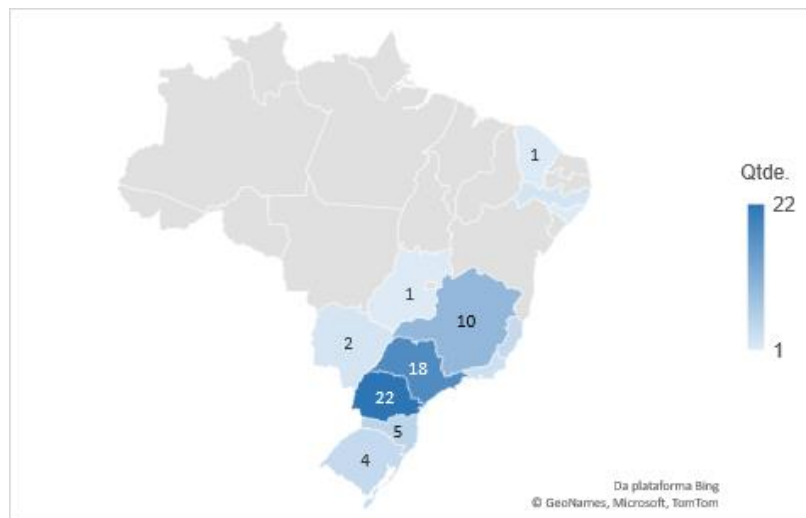
Software (SQuaRE) (BERTUOL, 2014).

4. Prova de conceito: foram aplicadas as diretrizes em um cenário industrial real, de modo a avaliar seus resultados na seleção de uma ferramenta de software. Para cumprir com a fase de seleção, das diretrizes propostas, fez-se necessário utilizar um método de consenso ou um método multicritério. Na prova de conceito foram apresentados os resultados, utilizando duas opções de métodos de seleção: o método multicritério SMARTER e um método de seleção simples por somatório.

3. RESULTADOS DA PESQUISA SURVEY

Após a elaboração e aplicação do questionário, disponível no Apêndice B, a pesquisa teve no total 73 empresas participantes, distribuídas em 12 estados brasileiros, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Distribuição geográfica das empresas participantes.



Fonte: Autora (2022).

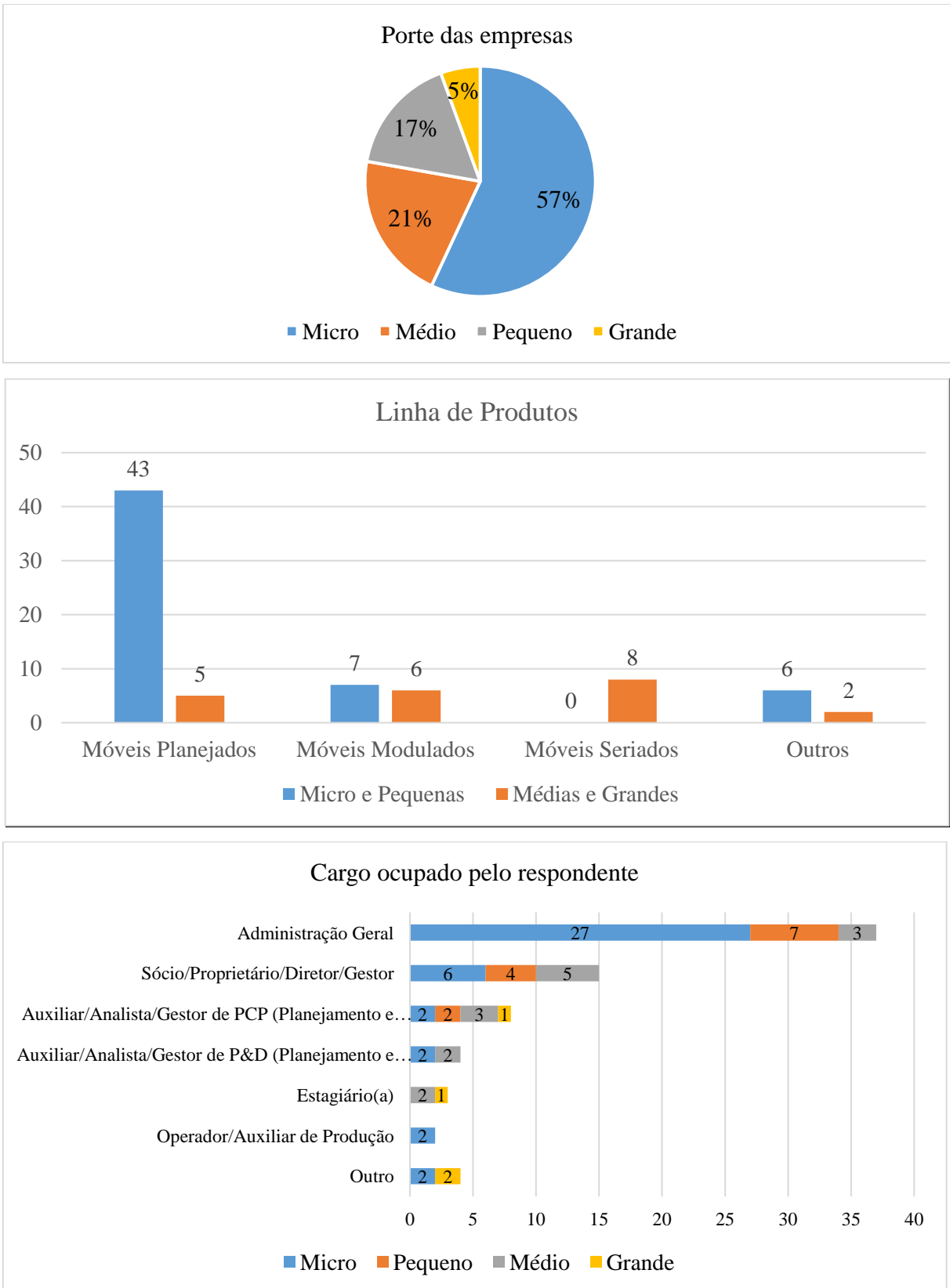
É possível notar na Figura 13 uma maior concentração de empresas participantes no Sul e Sudeste do país. Embora essas regiões possuam os maiores polos moveleiros, esse resultado pode ser um viés da pesquisa, na qual a amostra foi aleatória, e por conveniência, realizada no norte do Paraná.

Em relação ao porte, linha de produtos e cargos ocupados pelos respondentes, a Figura 14 mostra o perfil dessas empresas.

Pela classificação de portes de empresas, utilizada pelo SEBRAE (2013), entre as empresas que participaram da pesquisa, 57% são de micro porte; 21%, médio porte; 17%, pequeno porte e 5% grande porte. No que se refere à localização, 48% estão no Sudeste e 31%, no Sul do país.

Em relação à linha de produtos e características da linha de produção, 62% das empresas são de móveis planejados e 17%, móveis modulados, o que reflete uma produção de micro e pequenas empresas. Enquanto entre as que responderam produção em série, são 62,5% médias e 37,5% grandes empresas. Também participam da pesquisa fabricantes de móveis decorativos, rústicos, infantis, linhas de escritório e linha *gamer*.

Figura 14 – Perfil das empresas.

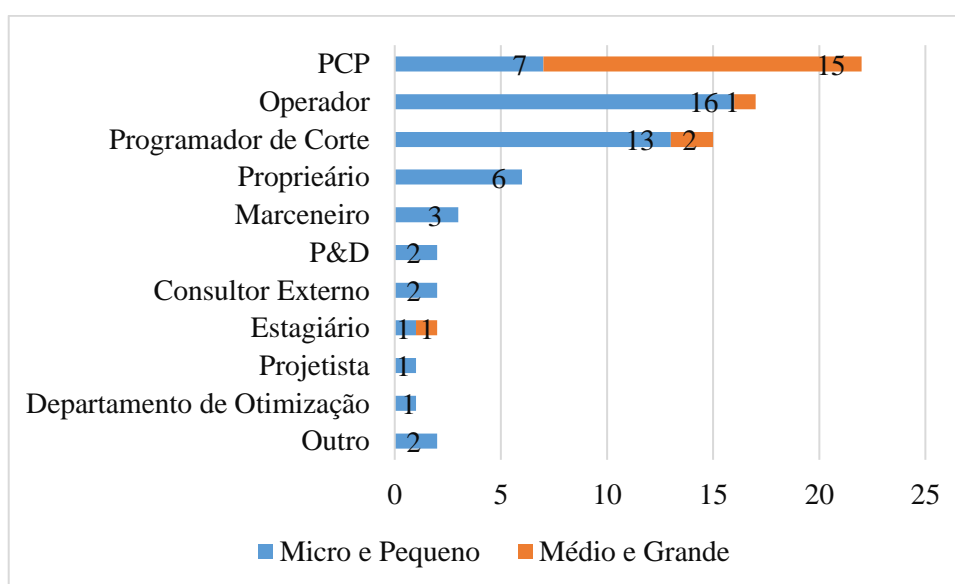


Fonte: Autora (2022).

Para planejar o corte e ter um bom resultado, é essencial que o responsável pela atividade tenha conhecimento para executá-la. Assim, foram avaliados e representados na Figura 15, quem são os responsáveis por tal etapa nessas empresas.

Um destaque na Figura 15 é a diferença entre os responsáveis pelo planejamento de corte das micro e pequenas empresas quando comparadas com as médias e grandes. Nas empresas de médio e grande porte predominam os setores de PCP e programadores na execução dessa função.

Figura 15 – Responsáveis pelo planejamento de corte.



Fonte: Autora (2022).

Já com relação às micro e pequenas empresas há uma grande variação entre os cargos responsáveis por essa atividade, onde muitas vezes são os próprios proprietários, marceneiros ou operadores que planejam o corte, representando 46,3% delas. Isso mostra como setores específicos para a programação, planejamento e controle da produção ainda podem ser escassos em empresas de menor porte.

Para compor a análise descritiva dos dados, foi relacionado também o porte das empresas com as características dos objetos e dos itens utilizados, percentual de perdas e qualidade do processo de corte praticado.

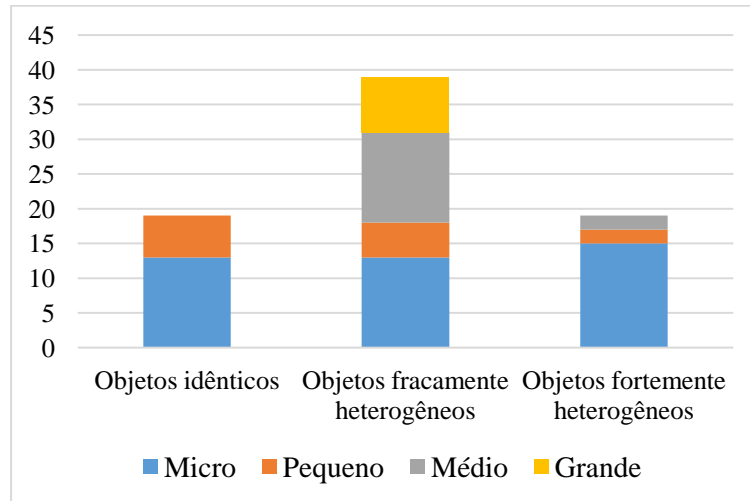
A Figura 16 mostra a variação da matéria-prima, de acordo com o porte da empresa.

Na Figura 16, é possível notar uma maior frequência de objetos fracamente heterogêneos. As micro e pequenas empresas possuem uma maior variabilidade entre si quanto ao tipo de matéria-prima, o que parece não haver um padrão para este porte de empresas

referente a este quesito.

A matéria prima utilizada nas médias e nas grandes empresas também são parecidas entre si, predominando objetos fracamente heterogêneos.

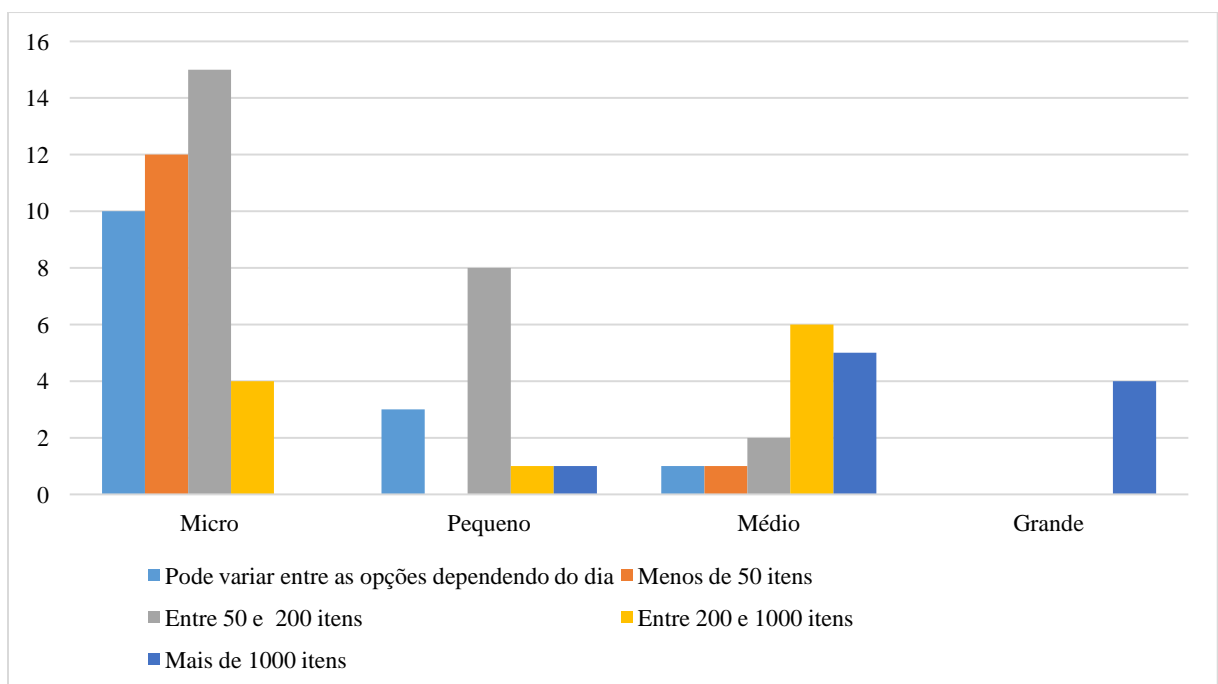
Figura 16 – Variação da matéria-prima.



Fonte: Autora (2022).

A Figura 17 relaciona a variedade de demanda de itens, de acordo com o porte da empresa. Esses itens podem ser idênticos, fracamente heterogêneos ou fortemente heterogêneos, como mencionado na subseção 3.2.

Figura 17 – Demanda de itens.



Fonte: Autora (2022).

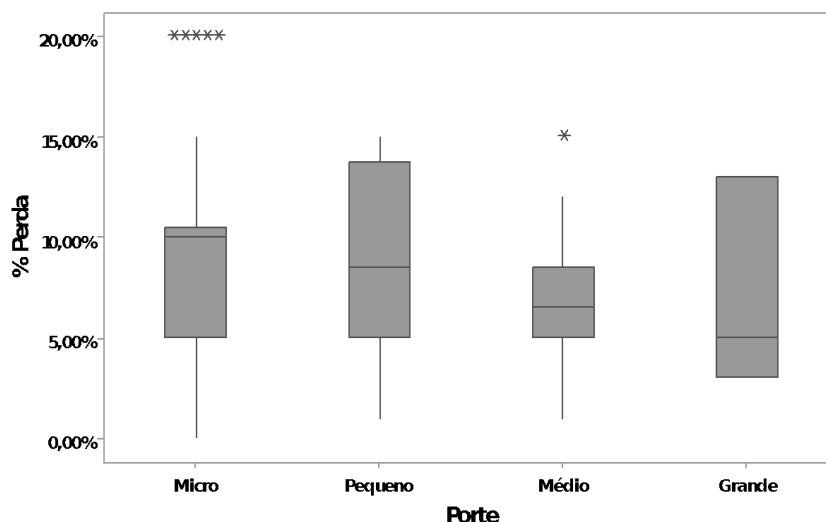
Com relação à demanda de itens na Figura 17, as empresas de menor porte possuem comportamentos distintos, com grande variação na quantidade de itens. Aproximadamente 30% das microempresas chegam a ter suas demandas menores que 50 itens, enquanto as pequenas empresas predominam com suas demandas, entre 50 e 200 itens, podendo chegar à demanda maior que 1000 unidades.

Avaliando a demanda das médias empresas, nota-se que estas compartilham tamanho da demanda com as empresas de menor porte, porém com menor variabilidade e predominando demandas de 200 a 1000 itens e maiores que 1000.

Com isso, há indícios de que o crescimento da demanda de itens é acompanhado pelo aumento do porte das empresas, ou seja, quanto maior a empresa, maior passa a ser a demanda diária de itens a serem cortados. O que se confirma ao olhar para a demanda de itens das empresas de grande porte que são sempre maiores que 1000 unidades.

Com relação ao percentual de perdas representado na Figura 18, é possível notar uma menor variabilidade nas empresas de médio porte. Essas possuem menores percentuais de perdas, seguido pelas grandes empresas, que embora possuam variabilidade, 50% das respostas ficam concentradas em níveis menores que 5%.

Figura 18 – Percentual de perdas.



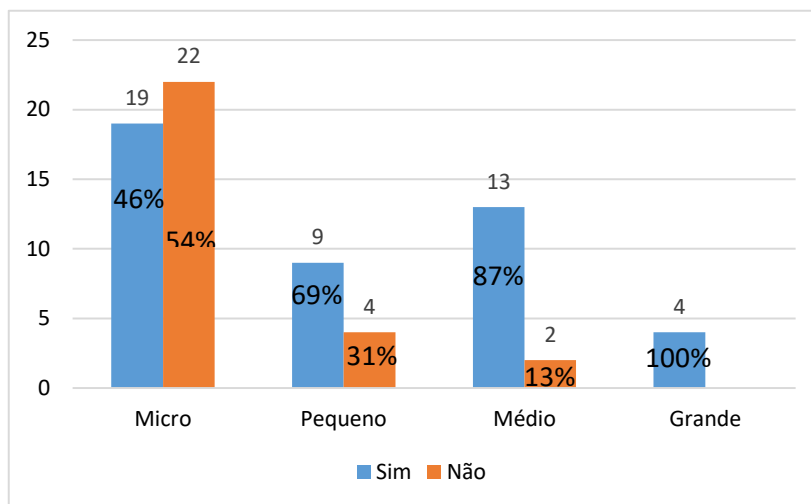
Fonte: Autora (2022).

As perdas das microempresas se mostram mais concentradas na faixa dos 10%, seguido pelas empresas de pequeno porte, porém a diferença não foi muito significativa, dado a dispersão das respostas.

Também foi avaliada, no questionário aplicado, a utilização de ferramentas de software

no processo de planejamento e execução do plano de corte. A Figura 19 mostra quantas dessas empresas, atualmente usam algum tipo de ferramenta computacional.

Figura 19 – Uso de ferramentas de software.



Fonte: Autora (2022).

Na Figura 19 é possível concluir que aproximadamente 46% das microempresas, 69% das pequenas empresas, 87% das médias empresas e 100% das grandes empresas fazem uso de softwares, o que representam 62% do total. Com isso, é possível notar uma propensão ao aumento de acesso à softwares, conforme aumenta o porte da empresa e as respostas dadas como “Não” para utilização de softwares cai conforme aumenta o porte da empresa.

Com relação às dificuldades enfrentadas pelas empresas, a Tabela 10 mostra que a maioria dos problemas permeiam a falta de mão de obra qualificada ou de um responsável para realizar os cortes. Assim como, perda elevada de material e demora no planejamento de corte. Tais problemas podem estar diretamente relacionados à falta de uma ferramenta de software ou com a presença de uma ferramenta de difícil utilização, o que acontece na maior parte das empresas de menor porte.

Um planejamento de corte realizado sem uma ferramenta de software adequada ou realizado de modo empírico, o que é o caso das empresas de menor porte, pode resultar em altas perdas e tempos extrapolados para geração de planos de corte, ficando suscetível a erros e combinações de padrões que não são ótimos. Quando a falta de ferramenta é somada à falta de um funcionário qualificado, a chance de erros serem cometidos podem ser ainda maiores.

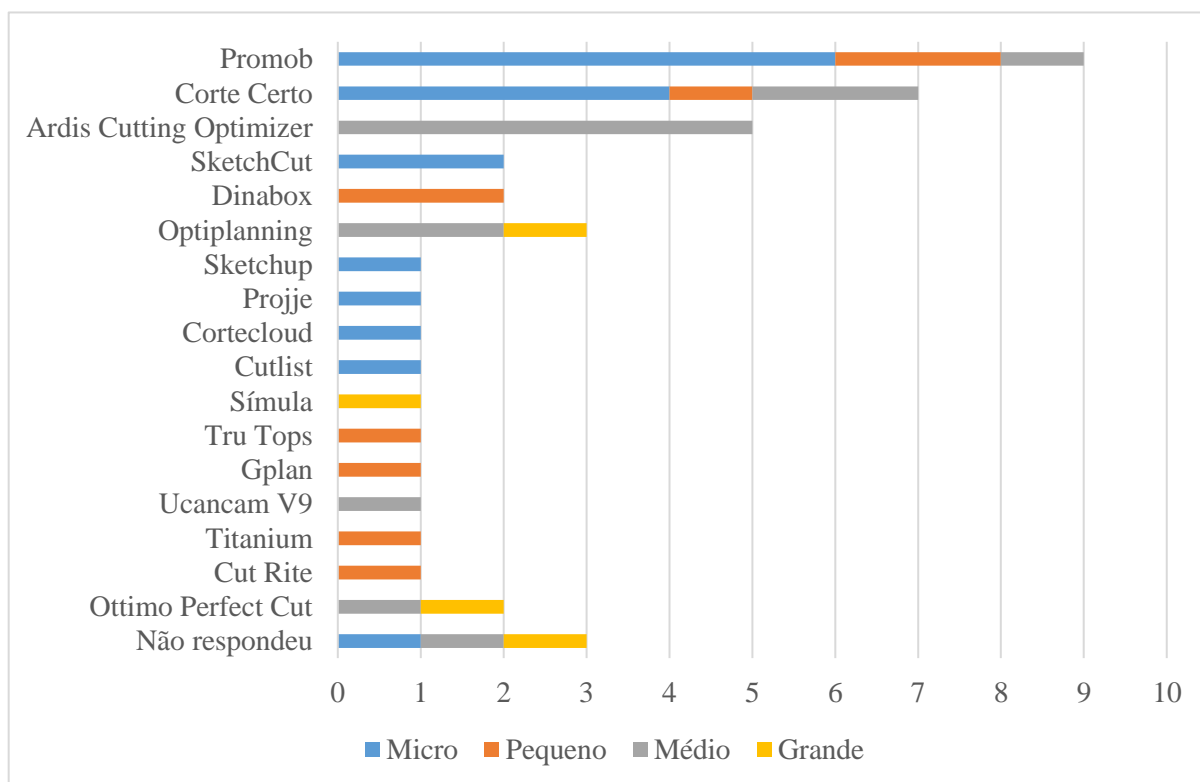
Tabela 10 – Dificuldades enfrentadas pelas empresas do segmento moveleiro.

Dificuldade	Frequência Micro e Pequenas Empresas	Frequência Médias e Grandes Empresas
Falta de mão de obra qualificada	31,5%	26,3%
Itens demandados não cortados no tempo estipulado	27,8%	26,3%
Perda de material elevada	22,2%	26,3%
Planejamento de corte realizado de forma empírica, sem planejamento prévio	18,5%	21%
Demora para planejar planos de corte	14,8%	5,3%
Ferramenta ou Software difíceis de utilizar	9,2%	10,5%
Não há um responsável pelo planejamento de corte	7,4%	5,3%

Fonte: Autora (2022).

Os softwares utilizados pelas empresas que responderam as pesquisas estão apresentados na Figura 20.

Figura 20 – Ferramentas de software.



Fonte: Autora (2022).

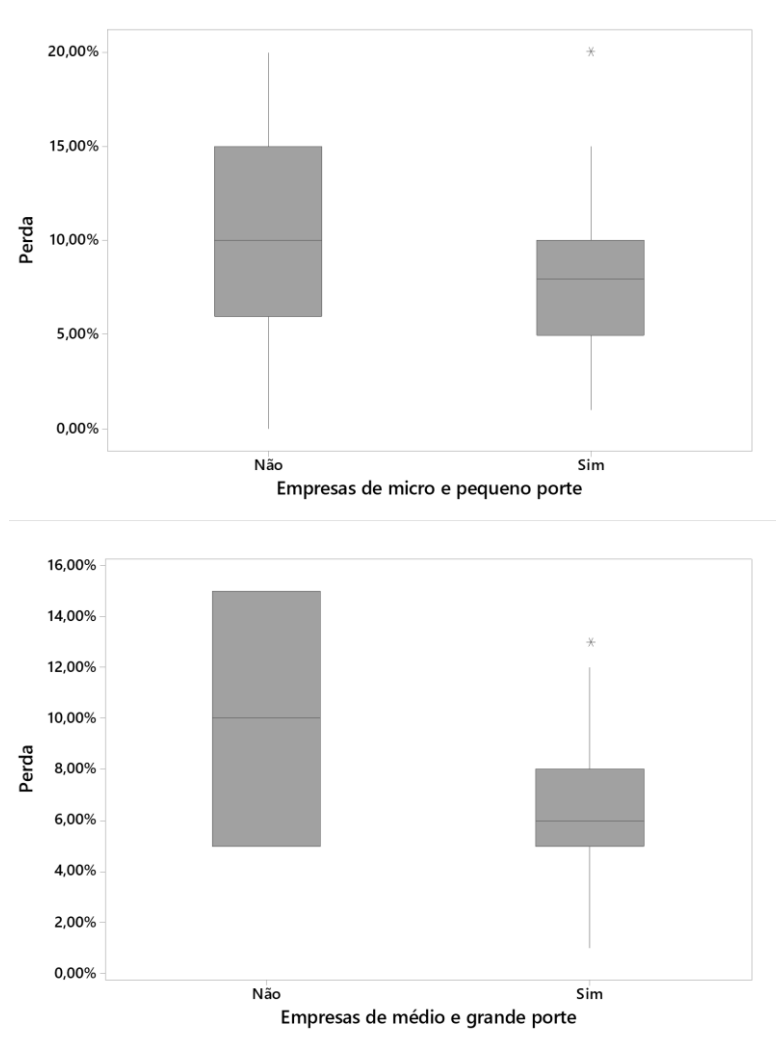
Entre os Sistemas de Informação utilizados pelas 45 empresas, há uma ampla variedade, o que reflete a disponibilidade de softwares no mercado. As ferramentas de softwares *Promob Cut Pro*, *Corte Certo* e *Ardis Cutting Optimizer* apareceram mais vezes entre as respostas, mas

nenhuma delas é utilizada por empresas de grande porte.

Entre as respostas foram citados ERP e *Corel Draw*, porém tais ferramentas, embora utilizadas por algumas empresas, não geram por si só os planos de corte. Assim, não foram consideradas nas análises gráficas. Tais respostas indicam que as micro e pequenas empresas não possuem conhecimento adequado sobre tal assunto. O software *Audacis* também foi citado por uma das empresas que fabrica sofás, mas este é utilizado no processo de corte do tecido e não de madeira e derivados.

De modo a para avaliar melhor o comportamento dessas perdas por porte da empresa e do uso de softwares, foram gerados boxplot, apresentados na Figura 21.

Figura 21 – Gráficos de boxplot dos percentuais relacionados ao porte e uso de softwares



Fonte: Autora (2022).

Nos gráficos da Figura 21, é possível notar que nas empresas de micro e pequeno porte que não usam softwares, existe uma variabilidade e uma amplitude maior no percentual de perdas. Nelas também se concentram as perdas superiores a 10%.

Com relação as empresas que fazem uso de softwares, 50% das perdas são inferiores a 8% em micro e pequenas empresas, e inferiores a 6% em médias e grandes empresas.

Não é possível tirar conclusões sobre as perdas de médias e grandes empresas que não fazem uso de ferramentas de softwares, devido ao tamanho da amostra ser pequeno.

4. ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE SOFTWARE

De modo a checar algumas ferramentas de software disponíveis no mercado e utilizadas pelas empresas questionadas na pesquisa *survey*, uma seleção foi realizada com base nas respostas e de uma busca realizada na *internet*.

As características desses softwares foram elencadas com base em informações contidas em manuais, *sites*, além de entrevistas *on-line* realizadas com alguns fornecedores. A Tabela 11 apresenta um resumo destas ferramentas.

A Tabela 11 apresenta uma análise das ferramentas de software a partir de características do problema de corte e requisitos de software. As informações foram obtidas a partir dos manuais e de observações decorrentes do uso dessas ferramentas.

Entre as ferramentas de software citadas, há algumas disponíveis: na *web*, para *download* ou como aplicativos de *smartphones*. Alguns também fornecem diagramas dos planos de corte gerados de modo automático, outros precisam ser construídos manualmente e ainda há casos em que os planos de corte gerados automaticamente podem ser ajustados de forma manual.

Algumas dessas ferramentas de softwares possuem versões gratuitas, às vezes, com limitações de funcionalidades, versões pagas, ou ainda, podem ter serviços personalizados de acordo com as necessidades dos clientes. As ferramentas *Corteccloud*, *Dinabox* e *CutList* podem ser usadas como *plugins* no *Sketchup*. Assim como o *Ottimo Perfect Cut*, *Cut Rite*, *Optiplanning (Biesse)* e *Titanium*, *plugins* do *Promob*.

Contudo, a Tabela 11 fornece atributos que podem direcionar na escolha de softwares para empresas do segmento moveleiro que buscam adquirir ferramentas de software.

Tabela 11 – Ferramentas de Software para problemas de corte de estoque no segmento moveleiro.

CARACTERÍSTICAS/ FERRAMENTA	Promob Cut Pro	Corte Certo	Ardis Optimi- zation	Sketchcut	Dinabox	Optiplanning (Biacca)	Proje	Cortecloud	Símula*	Gplan	Ucancam V9	Titanium	Ottimo Per- fect Cut	Cut Rite	Cut-Planning	Gmad	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Quantidade de citações no survey	9	7	5	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	1	0
Transmissão de dados para máquina		✓	✓		✓	✓				✓			✓	✓	✓				
Entrada de dados de itens e chapas manual	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
Possui biblioteca de itens e chapas cadastradas					✓			✓											
Importa dados de itens e chapas	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	
Limite na quantidade de dados de entrada		✓																	
Considera espessura da lâmina de corte			✓	✓	✓			✓	✓				✓	✓			✓	✓	
Considera fitas de borda	✓	✓	✓	✓	✓			✓						✓	✓		✓	✓	✓
Considera furos	✓				✓			✓									✓		
Considera fibras e ranhuras no material	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
É possível escolher se o item pode rotacionar					✓				✓					✓					
Fornece nº de estágios		✓			✓				✓									✓	
Fornece nº de cortes					✓				✓									✓	

Fornece prioridade de itens	✓				✓									✓					
Fornece custos					✓			✓	✓					✓			✓		
Fornece tempo de corte														✓					
Fornece gráfico de soluções	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
Permite edições manuais nos gráficos de soluções	✓	✓		✓		✓			✓		✓			✓	✓				✓
Possui aproveitamento de sobras	✓	✓		✓	✓	✓			✓		✓			✓	✓				
Fornece corte guilhotina	✓	✓		✓	✓			✓	✓				✓	✓	✓		✓	✓	✓
Fornece corte nesting	✓				✓			✓			✓			✓					
Permite impressão dos resultados	✓			✓	✓			✓	✓				✓	✓	✓		✓	✓	✓
Disponibiliza etiquetas	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓				✓		✓		✓		
Permite integração com outros softwares	✓				✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓					
Aquisição gratuita				✓	✓			✓			✓		✓				✓	✓	✓
Aquisição paga	✓	✓	✓	✓	✓			✓	*	✓			✓	✓	✓		✓	✓	
Disponível online					✓			✓										✓	
Disponível como software	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓
Disponível como aplicativo				✓				✓							✓				
Serviço personalizado								✓	✓	✓									

*Não é comercializado atualmente.

Fonte: Autora (2022).

5. UM MÉTODO PARA SELEÇÃO DE FERRAMENTAS DE SOFTWARE PARA PCE

Esta seção apresenta um método com diretrizes para escolha de uma ferramenta de software para resolver o problema de corte de estoque em empresas do segmento moveleiro.

A elaboração de tais diretrizes foi impulsionada pelos resultados da pesquisa *survey*, que demonstra a predominância de micro e pequenas empresas do segmento moveleiro do Brasil, sendo ainda, a maioria de móveis planejados e modulados sem utilização de ferramentas de software para geração de planos de corte. Assim, direcionar esses negócios para escolha de uma ferramenta que impulse seus resultados, torna-se essencial.

Com a pesquisa *survey*, foi possível notar que as dificuldades dessas empresas na obtenção de SI, permeiam desde a autoavaliação de suas necessidades, quanto à falta de direcionamento de onde buscar tais ferramentas, assim como, uma pessoa direcionada para tais processos.

Diante disso, com as diretrizes propostas, espera-se que micro e pequenas empresas moveleiras sejam capazes de identificar suas necessidades e selecionar possíveis fornecedores de ferramentas de software para o PCE.

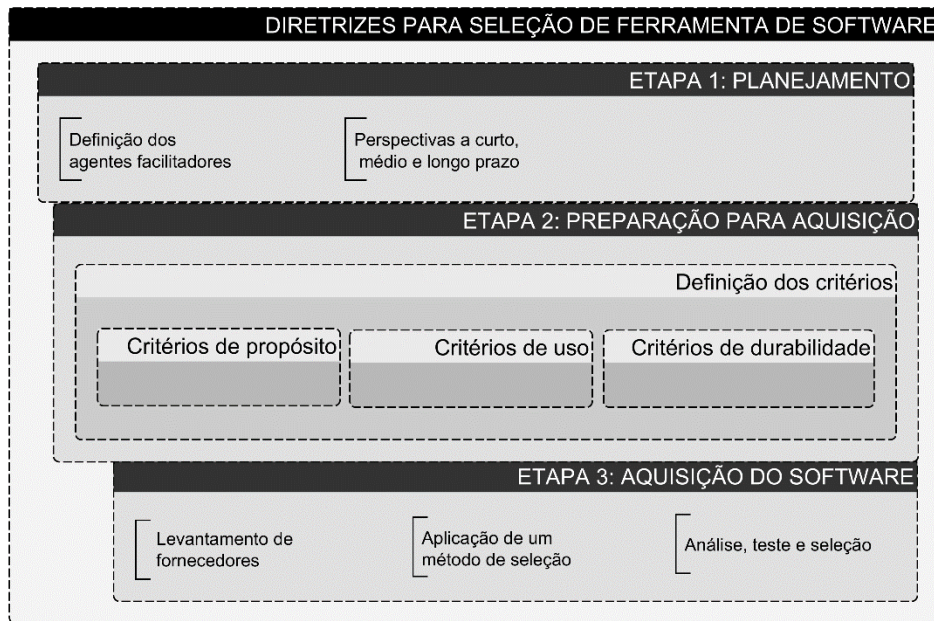
Para estabelecer as diretrizes, foram considerados os Requisitos e Avaliação de Qualidade de Sistemas e Software (SQuaRE) regulados pelos órgãos internacionais ISO (*International Organization Standardization*) e a IEC (*International Electrotechnical Commission*) (BERTUOL, 2014).

De acordo com esses órgãos, as características de um software devem satisfazer necessidades implícitas e explícitas dos clientes, mantendo os requisitos mínimos de disponibilidades, integridade e confidencialidade.

Assim, para que as empresas possam selecionar uma ferramenta para problemas de corte, é necessário passar pelas três etapas: planejamento, preparação para aquisição e aquisição do software, como mostra a Figura 22.

Cada uma das três etapas apresentadas na Figura 22 são detalhadas das seções seguintes.

Figura 22– Etapas para o processo de seleção de software.



Fonte: Autora (2022).

5.1 Etapa 1: Planejamento

A etapa de Planejamento consiste em definir os responsáveis por todo o processo de aquisição do software, assim como analisar as perspectivas da empresa para isso, a curto, médio e longo prazo.

Antes de tomar qualquer decisão em relação à aquisição de um software, é necessário um bom planejamento para maximizar as chances de sucesso nas duas próximas etapas.

5.1.1 Definição dos agentes facilitadores

Grande parte das empresas não possui um especialista em tecnologia da informação ou então, não possui recursos suficientes para recrutar um. Entretanto, nessa etapa, é desejável um profissional encarregado para conduzir a aquisição de uma ferramenta de software. Outrossim, nesta fase de planejamento é fundamental que seja elencado um grupo de pessoas ou, em casos de empresas menores, um membro definido para participar de todo processo de seleção e aquisição do software. Do início ao fim, este membro será chamado de agente facilitador.

É importante que o profissional ou a equipe escolhida esteja em sintonia e tenha certeza do benefício que a aquisição de um software vai trazer para a organização (OLIVEIRA, 2019).

5.1.2 Perspectiva a curto, médio e longo prazo

Ao adquirir qualquer produto ou serviço, o consumidor deve avaliar quais são seus objetivos para tal aquisição. Se é algo para consumo imediato ou a curto prazo, temporário ou a médio prazo, ou algo ainda sem um horizonte de tempo definido, com objetivos a longo prazo.

Ao realizar um investimento na aquisição de uma ferramenta de software, o horizonte de planejamento de uso deste programa também deve ser considerado. Se a empresa tem uma perspectiva a curto ou médio prazo, a preocupação com a rede proprietária que fornece tal serviço não precisa ser prevalecida. Porém, para as organizações com perspectivas a longo prazo definidas, precisa haver uma preocupação em escolher ferramentas que forneçam benefícios em um maior horizonte de tempo (DAMSGAARD e KARLSBJERG, 2010).

Com a rápida expansão da tecnologia da informação, adaptações e melhorias são necessárias acontecerem nos sistemas informatizados. Sendo assim, fornecedores que propõem atualizações e manutenções periódicas em seus softwares e integração com novas tecnologias devem ser considerados.

Além de tudo, falhas e erros nos softwares podem gerar grandes impactos para a empresa que o utiliza. Então, é de extrema importância verificar como é realizado esse suporte para erros.

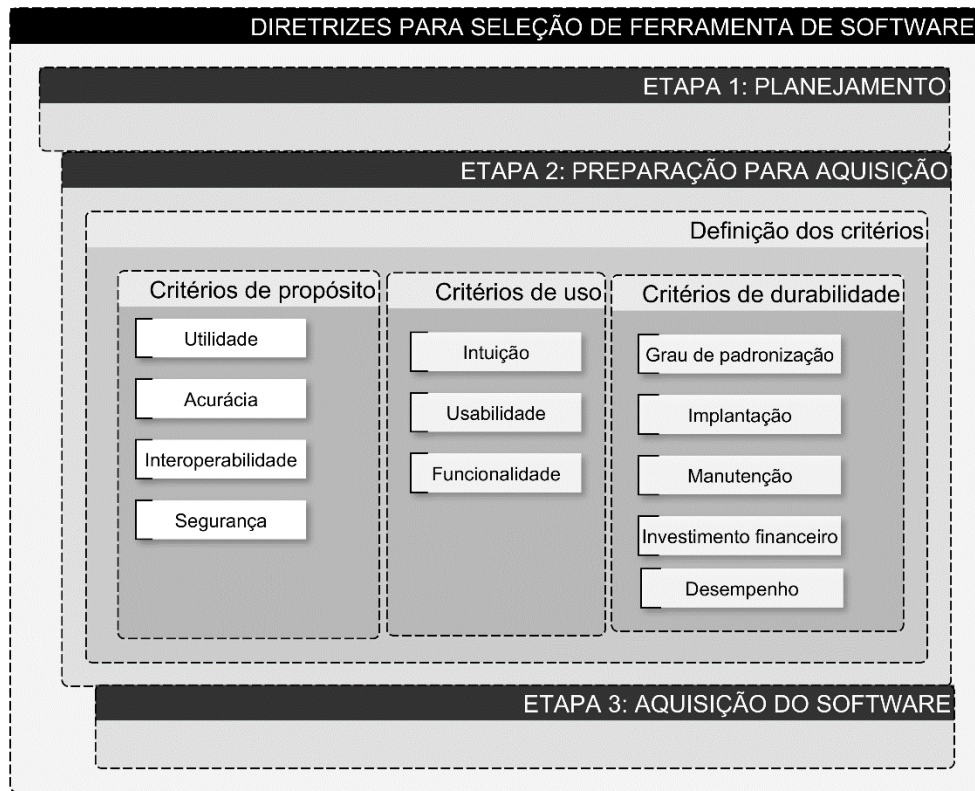
5.2 Etapa 2: Preparação para aquisição

Após iniciar o planejamento, definir o agente facilitador responsável pelo processo de aquisição e ter os objetivos e benefícios a curto, médio e longo prazo definidos, é necessário fomentar a aquisição do software. Para isso, foram definidos critérios de seleção, que são requisitos do software que irão gerar um critério de avaliação, subsidiando as etapas seguintes.

Baseado na comparação que Bertoul (2014) faz entre os fatores de qualidade de artefatos de software abrangidos pelos modelos hierárquicos de McCall, Boehm, ISSO/IEC9126, SQuaRE, Dromy e Lange & Chaudron, os critérios a serem avaliados para selecionar o software foram divididos em três classes: critérios de propósito, critérios para uso, e critérios de durabilidade, como mostra a Figura 23.

Os critérios de propósito, uso e durabilidade são genéricos e podem ser utilizados para seleção de qualquer tipo de software. No entanto, a árvore de critérios com uma série de questionamentos, apresentada na subseção 5.2.4, torna o processo de aquisição específico para uma indústria moveleira.

Figura 23 – Etapa 2: Definição de critérios.



Fonte: Autora (2022).

Os critérios de propósito envolvem utilidade, acurácia, interoperabilidade e segurança do software. Tais fatores são referentes ao cumprimento dos objetivos do usuário a curto, médio e longo prazo.

Os critérios para uso envolvem compreensibilidade, usabilidade e funcionalidade. Esses três fatores estão relacionados à interação usuário-máquina, com o grau de facilidade de manuseio da ferramenta e desempenho do software.

Os critérios para durabilidade envolvem flexibilidade, testabilidade, implantação, manutenção, investimento financeiro e desempenho. Esses fatores são referentes ao grau de personalização da ferramenta, que tem como consequências a forma de implantação, manutenção e custos para tal.

5.2.1 Critérios de propósito

Baseado na Etapa 1, com as perspectivas a curto, médio e longo prazo e com benefícios a serem alcançados já definidos, é necessário refletir sobre alguns critérios relacionados ao propósito que se tem com o software.

Utilidade: O software deve satisfazer as necessidades que originaram seu desenvolvimento.

Acurácia: O software deve gerar resultados decorrentes do seu uso, como aumento da produtividade, redução de custos, aumento na lucratividade, aumento da competitividade, minimização de erros e perdas.

Interoperabilidade: É a capacidade de sistemas se comunicarem entre si, ou seja, é a interação e troca de informações entre softwares. Semelhante à interoperabilidade, a integração permite a conexão de dois sistemas gerando dependência tecnológica entre eles. A integração serve para facilitar o acesso à informação (Repositório ENAP, 2015).

Segurança: Para avaliar se o software pode colocar em risco a organização, deve ser avaliado se ele permite acesso a qualquer pessoa, ou se exige identificação no momento do acesso. O registro de histórico na utilização também pode auxiliar na rastreabilidade de erros e ações. Além disso, o software precisa estar em conformidade com as leis que regulamentam o setor de T.I (Tecnologia da Informação), como a LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados).

5.2.2 Critérios de uso

A facilidade de manuseio da ferramenta de software pelos usuários também deve ser avaliada e criteriosa. Muitas vezes, a organização faz um alto investimento na aquisição e não consegue ter uma satisfação diária ao usar o programa, devido à complexidade e dificuldade de manuseio da interface.

Sendo assim, o software precisa proporcionar:

Compreensibilidade: a ferramenta deve ser intuitiva, de modo que qualquer pessoa com o mínimo de conhecimento sobre tecnologia possa ser capaz de compreendê-la e usá-la.

Usabilidade: de fácil utilização e fácil de aprender, de modo que o usuário consiga executar a tarefa com efetividade e satisfação, atendendo aos seus objetivos iniciais.

Funcionalidade: os recursos do software precisam ter continuidade durante a operação, sem interrupções, ou então, ter claro suas limitações aos usuários.

Em alguns casos, marceneiros autônomos, micro e pequenas empresas que trabalham de forma empírica, querem fazer tal aquisição, mas possuem um conhecimento mais limitado em relação à tecnologia da informação, sendo barrados por tal dificuldade. Assim, deve ser avaliado quem fará o uso da ferramenta de software diariamente na organização e se esta é amigável e familiar para o usuário.

5.2.3 Critérios durabilidade

Avaliar a durabilidade da ferramenta requer analisar o quanto a empresa está disposta a investir no serviço, para definir então o grau de padronização, o processo de implantação, assim como a necessidade e a disponibilidade de manutenções.

Flexibilidade: No momento de optar por um software, deve-se avaliar seu grau de padronização. O software personalizado busca soluções para necessidades específicas, sendo criado de forma única. Já o software padronizado foca em soluções de necessidades comuns emergentes no mercado.

Quando a organização opta por um programa personalizado, o custo tende a ser maior e um treinamento personalizado também deve ser oferecido na aquisição. Em contrapartida, todas as necessidades da empresa podem ser supridas em uma mesma ferramenta, facilitando o cruzamento e manuseio de informações (DAMSGAARD e KARLSBJERG, 2010).

A padronização de ferramentas também pode ser em diferentes níveis. É comum nesses casos encontrar versões gratuitas e de baixo custo, para que os interessados possam testar uma parcela do que a ferramenta de software tem a oferecer na versão paga.

Testabilidade: Seja a ferramenta de software personalizada ou padronizada, uma fase de teste é essencial ao processo anterior a sua efetiva aquisição. É neste momento em que se encontram as possíveis falhas na ferramenta, que necessitam de correções em casos de serviços personalizados, ou então, é verificado neste momento se o software condiz ou não com as perspectivas criadas aos usuários dos serviços padronizados.

Implantação: Facilidades e dificuldades na implantação do software na empresa. Algumas ferramentas podem exigir mais do que outras no momento da implantação, necessitando de algumas alterações no processo.

Manutenção: é a capacidade do software fornecer suporte e correções para possíveis dificuldades do usuário. A frequência de atualizações também deve ser considerada.

Investimento financeiro: Todos os custos com o processo de aquisição do software devem ser avaliados. Custos de aquisição, implantação, licenças, treinamentos, atualizações e outros.

Desempenho: Este critério visa mensurar o cumprimento e rendimento que o uso da ferramenta de software proporcionou para a organização.

Conhecendo tais informações, para os atuantes do segmento moveleiro, é importante se atentar se a ferramenta de software a ser adquirida possui e atende as necessidades da empresa.

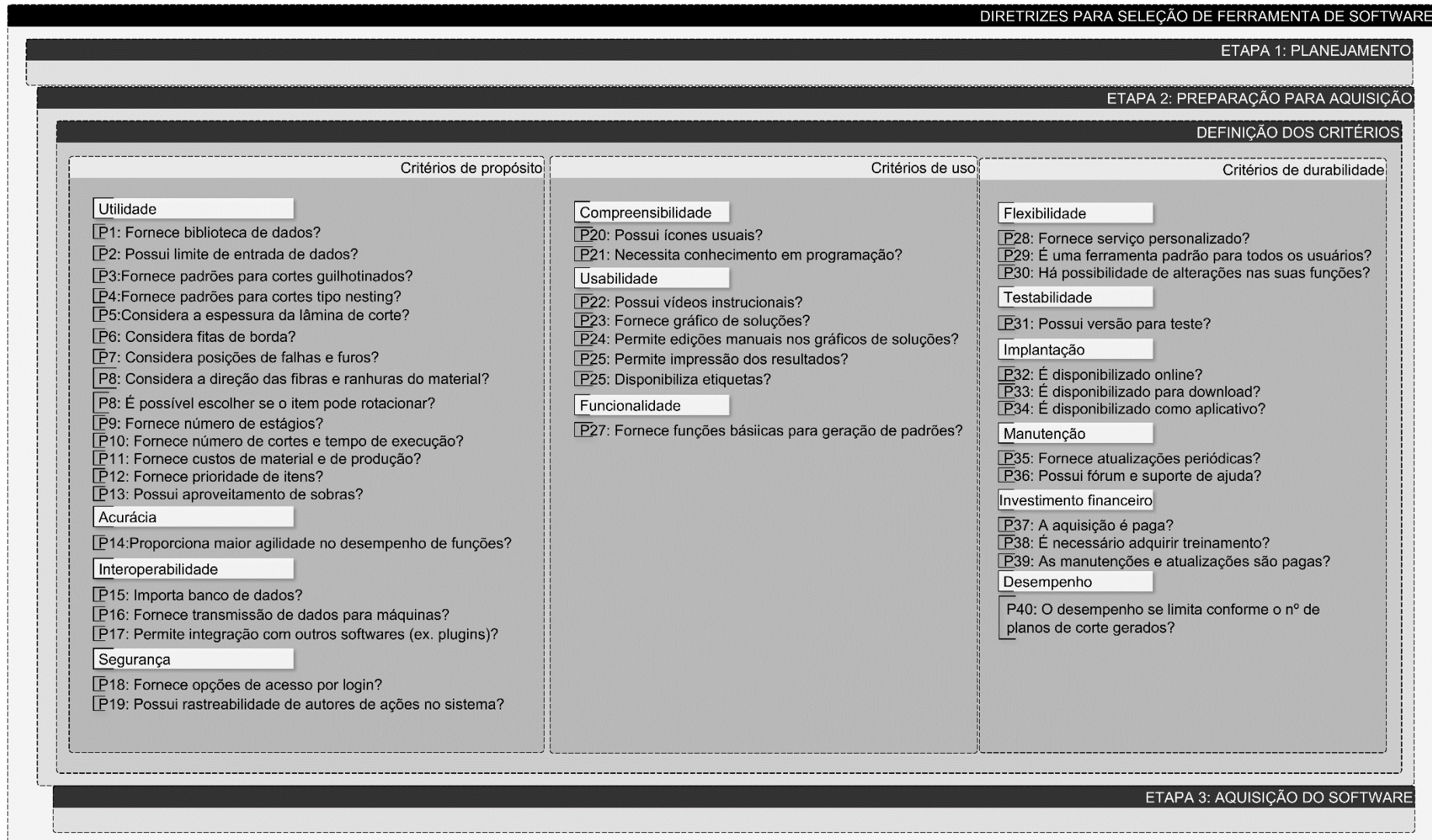
5.2.4 Árvore de critérios

A partir dos três grupos de critérios, 40 questões foram geradas, considerando as características do setor moveleiro. As questões foram distribuídas entre cada um de seus fatores, formando a árvore de critérios apresentada na Figura 24.

Na árvore de critérios da Figura 24, questões foram definidas para cada um dos fatores de cada grupo de critérios. Desta forma, fica mais fácil a compreensão e relação entre critério, fator e ferramenta de software.

A árvore de critério tem como finalidade ser aplicada pelo agente facilitador aos softwares candidatos ao processo de aquisição. Com isso, as questões visam auxiliar na avaliação de cada critério, fornecendo um guia para direcionar as empresas na escolha de um software para gerar os planos de corte. Enquanto o agente facilitador encontra as respostas para as perguntas, ele consegue melhor ponderar as ferramentas de software que melhor lhe atenderão.

Figura 24 – Árvore de critérios.



Fonte: Autora (2022).

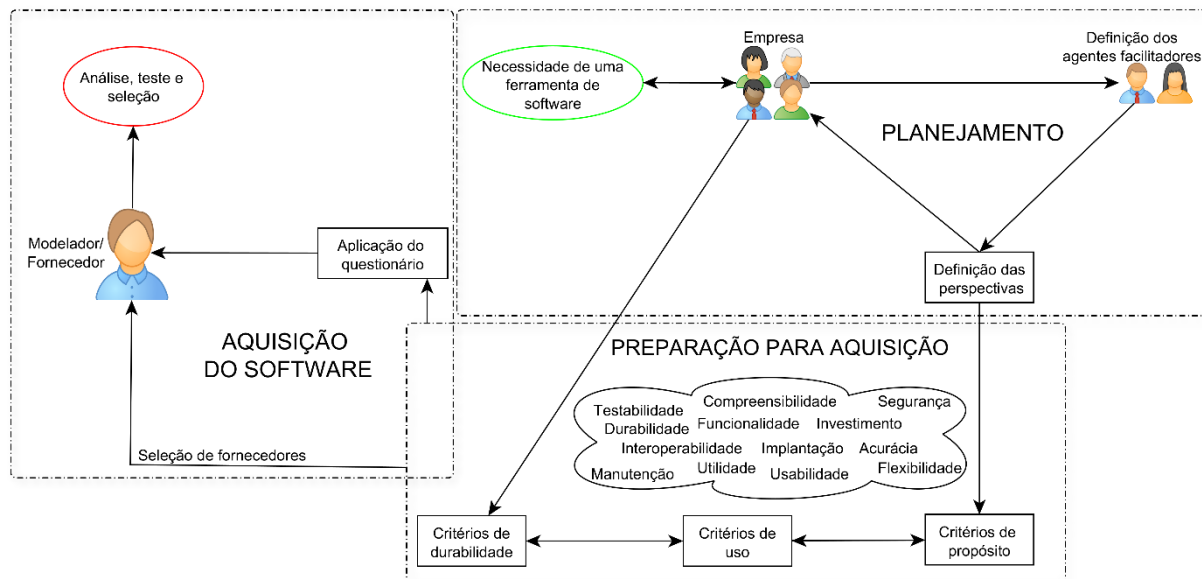
5.3 Etapa 3: Aquisição de Software

Já tendo uma equipe responsável por tal processo, que conhece seus objetivos e seus requisitos, é possível selecionar ferramentas disponíveis no mercado e aplicar a sequência de questionamentos, sugerida na Figura 24, para aquisição de um software. Avaliando e comparando as respostas obtidas, os usuários se tornam capazes de realizar uma escolha de acordo com o que lhes forem mais convenientes.

Para obter sucesso nessa escolha, a empresa precisa definir um método para aplicação e avaliação dos resultados do questionário, que pode variar de acordo com a maturidade da empresa. Esta pode contar com o auxílio de métodos mais simples como atribuição de notas e consenso da equipe, até métodos mais sofisticados, como métodos multicritérios. Tal escolha vai depender da facilidade de cada empresa em lidar com cada método.

Assim, a Figura 25 representa todo o processo para aplicação das diretrizes em um ambiente real de uma empresa, que se inicia com a própria necessidade da organização em adquirir uma tecnologia da informação.

Figura 25 – Processo para aquisição de software.



Fonte: Autora (2022).

6. PROVA DE CONCEITO: APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES EM UM CASO

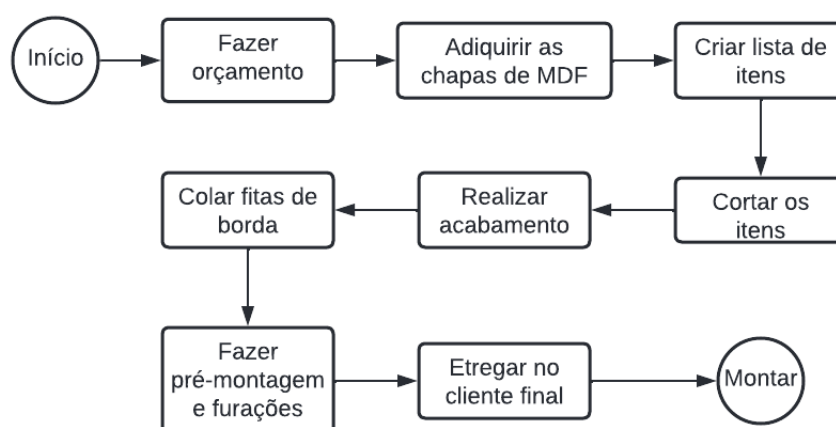
REAL

Para analisar o comportamento das diretrizes estabelecidas na Seção 5, essas foram aplicadas em uma microempresa do segmento moveleiro, contendo três funcionários. A empresa escolhida está situada no interior do Paraná, caracterizada como um empreendimento familiar e trabalha com comércio de móveis planejados sob encomenda há mais de 20 anos.

Por meio de entrevistas e visitas *in loco*, foi possível conhecer o processo produtivo da empresa, implementar e acompanhar as diretrizes propostas.

O processo produtivo se inicia com a realização do orçamento do móvel desejado pelo cliente. Após aprovação, as chapas de MDF de dimensões $2750 \times 1850 \times 15mm$ são adquiridas, e ao chegarem à empresa, o marceneiro lista todos os itens a serem cortados para fabricação do móvel. Essa lista é gerada manualmente em folhas e os itens são cortados com a utilização com uma serra de espessura de 3mm. Assim, o plano de corte é gerado de modo manual, no momento da realização dos cortes, até que se tenha todos os itens necessários cortados. Após isso, os itens passam por um acabamento e é realizada a colagem de fitas de bordas. Depois de fitado, o móvel é montado na própria empresa, são realizados todos os furos necessários e garantido que não haverá problemas no momento da entrega e montagem na casa do cliente final. Veja o fluxograma do processo na Figura 26.

Figura 26 – Fluxograma do processo.



Fonte: Autora (2022).

Nota-se que essa empresa está, entre as que possuem um processo de geração de padrões de corte manual e empírico, com pouca inovação e conhecimento limitado dos funcionários em relação às oportunidades de melhorias.

As próximas subseções relatam a aplicação de cada etapa das diretrizes propostas.

6.1 ETAPA 1: Planejamento

Como a empresa selecionada é de pequeno porte, sem condições financeiras de contratações atuais, foi definido como o agente facilitador um funcionário, com aproximadamente 10 anos de experiência no segmento e estudante de graduação.

Durante a visita *in loco*, foram definidas as perspectivas de curto, médio e longo prazo, mediante a aquisição de um software para empresa agilizar seu processo de geração de padrões de corte.

A curto prazo, ficou estabelecido que a empresa visa conhecer os benefícios que um software pode trazer para o processo de corte, utilizando-o para geração de padrões de corte em alguns pedidos durante aproximadamente 2 ou 3 meses, nessa fase a ferramenta escolhida deve ser gratuita.

A médio prazo, ficou estabelecido que se constatado melhora no desempenho da atividade de geração de padrões de corte nos pedidos que foram utilizados o software, o mesmo passará a ser utilizado para todos os novos pedidos da empresa, de modo a minimizar ainda mais o tempo gasto nesse processo.

A longo prazo, ficou decidido que a empresa identificará novas necessidades que venham a surgir, de modo a avaliar se o software escolhido continuará cumprindo com suas necessidades. Caso contrário, ele será substituído, podendo nessa fase então, considerar ferramentas com aquisições pagas.

6.2 ETAPA 2: Preparação para a aquisição

Como esta etapa já possui, pré-definido, os critérios que devem ser avaliados e como uma árvore de critérios já foi proposta, nesta etapa houve a validação e complementação das questões junto a empresa finalizando e validando assim, as 40 questões.

6.3 ETAPA 3: Aquisição do software

6.3.1 Levantamento dos softwares

Como nas perspectivas a curto prazo da Etapa 1, a empresa optou por considerar ferramentas com aquisição gratuitas. Os fornecedores aqui selecionados serão aqueles que possuem alguma versão do programa que gere padrões de corte, mas que não seja pago. Entre os softwares, Tabela 11, foram selecionados: *Sketchcut*, *Cortecloud*, *Ucancam V9*, *Ottimo Perfect Cut*, *Maxcut*, *Cutlist* e *Cutmicro*.

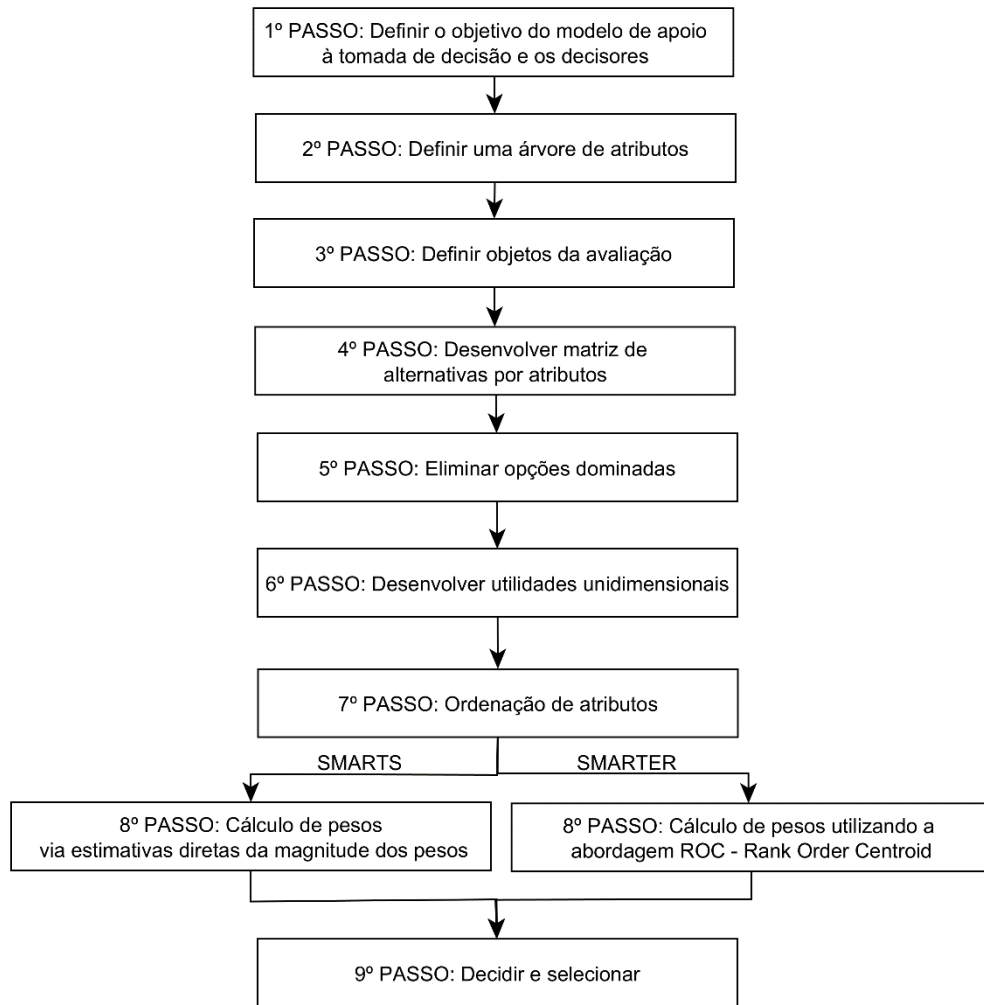
Com os fornecedores definidos, para seguir com a seleção do software e aplicar a árvore de critérios, a empresa precisa definir um método que auxilie na tomada de decisão. Neste caso real, serão utilizados dois métodos para comparação, um método simples por somatório e um método mais sofisticado de análise multicritério, o método SMARTER.

6.3.2 Aplicação de um método de seleção: Método Multicritério SMARTER

Os métodos multicritérios SMARTS e SMARTER, propostos por Edwards & Barron (1994), foram elaborados de modo a sanar lacunas identificadas no método SMART, proposto por Edwards (1977).

O método SMARTER, a ser utilizado na etapa de aquisição do software, foi escolhido entre diversos métodos de análise multicritério por auxiliar na tomada de decisão quando existem múltiplos objetivos, sem perder a simplicidade de aplicação (FILHO, 2009). Este método é composto por 9 etapas, onde da etapa 1 a 7 e a etapa 9 são idênticas ao método SMARTS. Veja os passos na Figura 27.

Figura 27 – Passos para a construção do modelo SMARTER.



Fonte: Autora (2022).

No passo 8, optado por a opção SMARTER, o peso de cada atributo é calculado através da Equação 9.

$$w_k = \frac{1}{N} \sum_{i=k}^N \frac{1}{i} \quad (9)$$

Onde temos que:

w_k : peso do atributo de ordem k ;

N : número total de atributos.

No passo 9, para a tomada de decisão, calcula-se a função de utilidade multi-atributo através da Equação 10.

$$U(h) = \sum_{i=k}^N w_k \times u_k(x_{kh}) \quad (10)$$

Onde temos que:

$U(h)$: utilidade multi – atributo do objeto h em avaliação;

$u_k(x_{kh})$: valor do atributo k no objeto h .

6.3.2.1 Aplicação do método multicritério SMARTER

Nesta subseção são descritas a aplicação de cada uma das etapas da Figura 27.

1º PASSO: Definir o objetivo dos modelos de apoio à tomada de decisão e os decisores. O modelo deste trabalho tem como propósito selecionar um software gratuito para geração de padrões de corte na empresa.

2º PASSO: Definir uma árvore de atributos. A árvore de critérios já definida na Figura 24 será considerada aqui, sendo eles: utilidade, acurácia, interoperabilidade, segurança, compreensibilidade, usabilidade, funcionalidade, flexibilidade, testabilidade, implantação, manutenção, investimento financeiro e durabilidade. Em relação à hierarquia, todas ocupam a mesma posição.

3º PASSO: Definir objetos de avaliação. São sugeridos aqui os softwares gratuitos *Sketchcut*, *Corteccloud*, *Ucancam V9*, *Ottimo Perfect Cut*, *Maxcut*, *Cutlist* e *Cutmicro*. Porém, cada empresa pode incluir ou excluir ferramentas de software em relação às sugeridas.

4º PASSO: Desenvolver matriz de alternativas por atributos. Nesta etapa, serão utilizadas as questões já apresentadas na Figura 24 para cada critério, cuja avaliação será realizada por meio de respostas de “sim”, “não” ou “neutro”.

Este passo será dividido em duas etapas neste trabalho.

Etapa 1: O agente facilitador definido na etapa de planejamento das diretrizes deverá responder as questões da Figura 24, com “sim”, “não” ou “neutro”, de acordo com seu desejo e necessidades em relação ao software. Ou seja, se é de interesse da empresa que a ferramenta de software tenha o que cada pergunta sugere, responde “sim”, caso contrário, responde “não”, se for indiferente, responde “neutro”.

Etapa 2: Agora já conhecendo o desejo do agente facilitador, deve-se avaliar cada software em relação a cada uma das questões da Figura 24, respondendo agora as perguntas com “sim” ou “não, ou seja, se o software proporciona o que a pergunta sugere, responde “sim”, caso contrário, responde “não”.

Os resultados dessas duas etapas estão na matriz de alternativas por atributos na Tabela 12.

Tabela 12 – Matriz de alternativas por atributos.

Atributo	Pergunta	Desejo do Agente Facilitador	Sketchcut	Corteccloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	P1	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P2	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P3	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	P4	Neutro	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
	P5	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não
	P6	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
	P7	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
	P8	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	P9	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
	P10	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
	P11	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
	P12	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P13	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
Acurácia	P14	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interoperabilidade	P15	Neutro	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	P16	Neutro	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
	P17	Neutro	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Segurança	P18	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
	P19	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Compreensibilidade	P20	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
	P21	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Usabilidade	P22	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
	P23	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	P24	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
	P25	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	P26	Neutro	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
Funcionalidade	P27	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Flexibilidade	P28	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P29	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
	P30	Neutro	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Testabilidade	P31	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Implantação	P32	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
	P33	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
	P34	Neutro	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Manutenção	P35	Neutro	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	P36	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Investimento Financeiro	P37	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P38	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	P39	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Desempenho	P40	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não

Fonte: Autora (2022).

5º PASSO: Eliminar opções dominadas. Na Tabela 12, observa-se que nenhuma opção é totalmente dominada por outra.

6º PASSO: Desenvolver utilidades unidimensionais. Considerando que os atributos estão todos em uma mesma dimensão, e que neste caso, a avaliação realizada na matriz de alternativas por atributos “Sim”, “Não” ou “Neutro”, oriundo da Tabela 12 será pontuado na Tabela 13

Tabela 13 e constará das seguintes condições para a pontuação:

Quando o desejo do agente facilitador for “sim” e a alternativa do software for:

“Sim” pontua 1.

“Não” pontua -1.

Quando o desejo do agente facilitador for “neutro” e a alternativa do software for:

“Sim” pontua 0.

“Não” pontua 0.

Quando o desejo do agente facilitador for “não” e a alternativa do software for:

“Sim” pontua -1.

“Não” pontua 1.

Tabela 13 – Pontuação das questões por atributos.

Atributo	Pergunta	Sketchcut	Corteccloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	P1	0	0	0	0	0	0	0
	P2	1	1	1	1	1	1	1
	P3	1	1	1	1	1	1	1
	P4	0	0	0	0	0	0	0
	P5	1	1	-1	1	1	1	-1
	P6	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
	P7	0	0	0	0	0	0	0
	P8	1	1	1	1	1	1	1
	P9	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
	P10	0	0	0	0	0	0	0
	P11	0	0	0	0	0	0	0
	P12	0	0	0	0	0	0	0
	P13	1	1	1	-1	1	-1	-1
Acurácia	P14	1	1	1	-1	1	1	1
Interoperabilidade	P15	0	0	0	0	0	0	0
	P16	0	0	0	0	0	0	0
	P17	0	0	0	0	0	0	0
Segurança	P18	0	0	0	0	0	0	0
	P19	0	0	0	0	0	0	0
Compreensibilidade	P20	1	1	-1	-1	1	1	1

	P21	1	1	1	-1	1	1	1
Usabilidade	P22	-1	1	1	-1	1	-1	-1
	P23	1	1	1	1	1	1	1
	P24	1	-1	1	-1	-1	-1	1
	P25	1	1	-1	1	1	1	1
	P26	0	0	0	0	0	0	0
Funcionalidade	P27	1	1	1	1	1	1	1
Flexibilidade	P28	0	0	0	0	0	0	0
	P29	1	1	1	-1	-1	-1	1
	P30	0	0	0	0	0	0	0
Testabilidade	P31	1	1	1	-1	1	1	1
Implantação	P32	1	-1	1	1	1	-1	-1
	P33	1	-1	1	1	1	-1	1
	P34	0	0	0	0	0	0	0
Manutenção	P35	0	0	0	0	0	0	0
	P36	-1	1	1	-1	1	1	-1
Investimento Financeiro	P37	1	1	1	1	1	1	1
	P38	1	1	1	1	1	1	1
	P39	1	1	1	1	1	1	1
Desempenho	P40	1	1	1	1	1	-1	1

Fonte: Autora (2022).

Agora a pontuação do atributo será dada pela Equação 11:

$$Pontuação_x = \sum_{P_{xi}}^{P_{xf}} 1 - \sum_{P_{xi}}^{P_{xf}} -1 \quad (11)$$

Onde:

x : é o atributo.

P_{xi} : primeira pergunta do conjunto de perguntas do atributo x .

P_{xf} : última pergunta do conjunto de perguntas do atributo x .

Assim, a pontuação de atributos até este momento está disposta na Tabela 14.

Tabela 14 – Utilidades Unidimensionais.

Atributo	Sketchcut	Cortecloud	Ucancam V9	Ottimo Perfect Cut	Maxcut	Cutlist	Cutmicro
Utilidade	3	3	3	3	3	3	-1
Acurácia	1	1	1	-1	1	1	1
Interoperabilidade	0	0	0	0	0	0	0
Segurança	0	0	0	0	0	0	0
Compreensibilidade	2	2	0	-2	2	2	2

Usabilidade	2	2	2	0	2	0	2
Funcionalidade	1	1	1	1	1	1	1
Flexibilidade	1	1	1	-1	-1	-1	1
Testabilidade	1	1	1	-1	1	1	1
Implantação	2	-2	2	2	2	-2	0
Manutenção	-1	1	1	-1	1	1	-1
Investimento Financeiro	3	3	3	3	3	3	3
Desempenho	1	1	1	1	1	-1	1

Fonte: Autora (2022).

7º PASSO: Ordenação dos atributos. Aqui deverá ser estabelecido uma ordem de importância para os atributos. Nesta etapa, foi perguntado ao responsável qual a ordem dos atributos mais agravantes para a escolha de um software. A Tabela 15 mostra a ordem estabelecida.

Tabela 15 – Ordenação dos atributos.

Atributos	Ordenação
Utilidade	3º
Acurácia	9º
Interoperabilidade	13º
Segurança	12º
Compreensibilidade	5º
Usabilidade	4º
Funcionalidade	2º
Flexibilidade	11º
Testabilidade	10º
Implantação	6º
Manutenção	7º
Investimento financeiro	1º
Desempenho	8º

Fonte: Autora (2022).

8º PASSO: Cálculo de pesos, utilizando a abordagem ROC. Considerando a ordem de critérios estabelecida no passo 7 e a Equação 9, os resultados do cálculo dos pesos são expostos na Tabela 16.

Tabela 16 – Cálculo dos pesos utilizando a abordagem ROC.

Critério	Pesos (w_k)
Investimento financeiro	0,244625673
Funcionalidade	0,167702597
Utilidade	0,129241058
Usabilidade	0,103600032

Compreensibilidade	0,084369263
Implantação	0,068984648
Manutenção	0,056164135
Desempenho	0,045175124
Acurácia	0,035559739
Testabilidade	0,027012731
Flexibilidade	0,019320423
Segurança	0,012327416

Fonte: Autora (2022).

9º PASSO: Decidir e selecionar. Para decidir e selecionar pelo melhor software, utiliza-se a Equação 10, de utilidade multi-atributo. Veja os resultados na Tabela 17.

Tabela 17 – Utilidade multi-atributo.

Ferramenta	Utilidade $U(h)$
Maxcut	1,422790884
Sketchcut	1,371081483
Cortecloud	1,353380807
Cutmicro	1,292693204
Cutlist	1,113226944
Ucancam V9	0,450469616
Ottimo Perfect Cut	0,390262729

Fonte: Autora (2022).

Após concluir todas as etapas do método multicritério SMARTER, os valores de utilidade calculados indicam a utilização do software *Sketchcut*, seguido pelo *Maxcut* para geração de padrões de corte na empresa.

6.3.3 Aplicação de um método de seleção: Método simples por somatório

Para a aplicação do método simples por somatório, é necessário realizar primeiro o mesmo procedimento relatado no passo 6, do método multicritério SMARTER.

Agora a seleção do software será dada por:

1º critério: aquele que possuir maior somatório de respostas “1”.

2º critério de desempate: aquele que possuir menor somatório de respostas “-1”;

3º critério: chegar a um consenso entre os agentes facilitadores.

Sendo assim, de acordo com os critérios estabelecidos, os somatórios são mostrados na Tabela 18.

Tabela 18 – Método simples por somatório.

Software	$\sum_{P1}^{P40} 1$	$\sum_{P1}^{P40} -1$
Sketchcut	20	4
Maxcut	20	4
Ucancam V9	20	4
Cortecloud	19	5
Cutmicro	17	7
Cutlist	16	8
Ottimo Perfect Cut	14	10

Fonte: Autora (2022).

É possível observar que de acordo com os dois primeiros critérios, os softwares *Sketchcut*, *Maxcut* e *Ucancam V9* empataram. Sendo assim, será escolhido aqui o software *Sketchcut* e *Maxcut* que já foram selecionados também pelo método de análise multicritério SMARTER.

6.4 Análise, teste e seleção das ferramentas de software *Maxcut* e *Sketchcut*

Ambos os softwares, resultantes das etapas anteriores, foram instalados e apresentados para os funcionários da empresa: *Maxcut* e *Skechcut*. Para avaliar os benefícios, estes softwares foram testados na geração de padrões de corte para a produção de um armário para banheiro representado na Figura 28.

Figura 28 – Armário de banheiro.



Fonte: 3D Warehouse (2022).

A lista de itens para a produção deste armário está representada na Tabela 19.

Tabela 19 – Descrição dos itens necessários para fabricação do armário de banheiro.

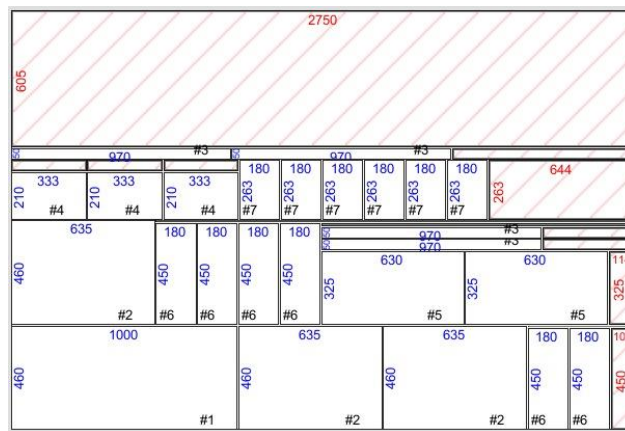
Descrição	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Demanda (un.)
Base	1000	460	1
Laterais	635	460	3
Sarrafos	970	50	4
Frente de gaveta	333	210	3
Portas	630	325	2
Laterais de gaveta	180	450	6
Frente e fundo de gavetas	180	263	6

Fonte: Autora (2022).

Para comparação, foram gerados padrões de cortes de forma empírica, como já era realizado pela empresa e padrões de corte com os softwares *Maxcut* e *Sketchcut*. A representação gráfica dos padrões é apresentada na Figura 29.

Figura 29 – Padrões de corte para produção do armário de banheiro.

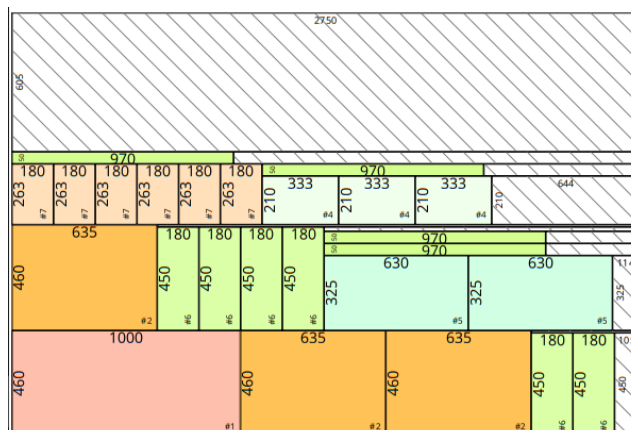
(a) Padrão de corte empírico.



(b) Padrão de corte *Maxcut*.



(c) Padrão de corte *Sketchcut*.



Fonte: Autora (2022).

A Tabela 20 apresenta como fica distribuída a área da chapa de MDF que sobra, após o corte dos 25 itens para a produção do armário de banheiro. A “Área de recortes” se refere a sobras, ou seja, pedaços de MDF que podem ser reaproveitados posteriormente. Já a “Área de desperdícios”, refere-se a perdas, ou seja, materiais que não podem ser reaproveitados por possuírem tamanhos muito pequenos.

Tabela 20 – Resultados dos padrões de corte.

Padrão de Corte	Área de recortes	Área de desperdícios
Empírico	1,833m ²	0,334m ²
Maxcut	2,02m ²	0,147m ²
Sketchcut	1,888m ²	0,28m ²

Fonte: Autora (2022).

Dessa forma, é possível concluir que, embora o padrão de corte realizado de modo empírico pela empresa se aproxima bastante do gerado pelo software *Sketchcut*, aquele ainda possui resultados com maiores perdas comparado aos dois gerados pelas ferramentas computacionais.

Entre os três padrões de corte, o *Maxcut* gerou menores perdas, resultando em uma maior área de recorte, ou seja, passível de ser reaproveitada posteriormente e menor área de desperdício. Houve 1,05% menos desperdício no padrão do *Maxcut* comparado ao padrão empírico.

Tais resultados comprovam que ambos os softwares, selecionados com a aplicação das diretrizes, forneceram melhor desempenho quando comparado ao método atual da empresa. As

melhorias não se limitam apenas a menores perdas, mas também na otimização no tempo de geração dos padrões.

O móvel escolhido para os testes foi com uma pequena lista de itens, sendo necessário o uso de apenas uma chapa, mas em ordens de produção que demandam n chapas no corte há ganhos significativos em tempo de planejamento e geração de padrões.

Contudo, independentemente de os resultados do plano de corte serem melhores, ficou comprovado que o método com diretrizes para seleção de softwares auxilia na aquisição de TI em MPE's moveleiras, selecionando softwares que melhor atendem suas necessidades.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao voltar os olhares para o porte das empresas moveleiras no Brasil, nota-se uma predominância de micro e pequenas empresas, sendo grande parte delas de móveis planejados e modulares, o que é confirmado por resultados da pesquisa *survey*. Tais resultados reafirmam as características de empreendimentos familiares que possuem dificuldades para investimento no negócio, ficando, muitas vezes, atrás dos grandes concorrentes.

Ao se referir a problemas de corte, foi possível notar que a falta de um profissional qualificado e a falta de uma ferramenta associada a este processo, aumentam as possibilidades de perdas de tempo e de material para a empresa. Porém, o processo de escolher uma ferramenta de software para uma empresa do segmento moveleiro é por si só complexo, devido principalmente, à grande diversidade de ferramentas oferecidas pelo mercado. As diferentes aplicações, características, custos, processos de aquisição, tornam essa tarefa difícil, e na maioria das vezes, demorada.

Quando essas dificuldades são somadas à falta de investimento, ao desconhecimento dos funcionários e à resistência pessoal, o processo de aquisição de uma ferramenta se torna ainda mais difícil. E é pensando nisso, que este artigo propôs um método com diretrizes para guiar micro e pequenas empresas moveleiras no processo de seleção de um software.

As diretrizes foram propostas em três etapas: planejamento, preparação para aquisição e aquisição do software. O planejamento garante que os funcionários estejam engajados e conscientes da mudança que buscam alcançar. Deixando claro os objetivos que a empresa possui a curto, médio e longo prazo, a segunda etapa é de preparação para a aquisição.

Na preparação para a aquisição, os critérios a serem avaliados na seleção de um software envolvem utilidade, acurácia, interoperabilidade, segurança, compreensibilidade, usabilidade, funcionalidade, flexibilidade, testabilidade, implantação, manutenção, investimento financeiro e durabilidade. Para que estes sejam mais fáceis de serem interpretados, foi elaborado um questionário com 41 questões para ser aplicado às ferramentas encontradas, em que as perguntas são relacionadas com cada um dos critérios.

A empresa conhecendo, suas necessidades e seus critérios, torna-se apta a seguir para a terceira etapa, de aquisição do software. Com os fornecedores definidos, para seguir com a seleção do software e aplicar a árvore de critérios, a empresa precisa definir um método que auxilie na seleção, que pode ser escolhido pela própria empresa.

Com as diretrizes sugeridas neste artigo, o processo de seleção de um software tende a ser menos arriscado e menos complexo.

Por fim, a aplicação das diretrizes, em um ambiente real de uma empresa, reforçou o bom desempenho dos passos estabelecidos. Na terceira etapa das diretrizes, foram utilizados dois métodos para apoio na tomada de decisão, um simples por somatório e outro, o método multicritério SMARTER. No método mais simples, por somatório, o resultado foi um empate entre as ferramentas *Sketchcut*, *Maxcut* e *Ucancam V9*. Na análise multicritério SMARTER, o resultado foi o *Maxcut*. Sendo assim, atestou-se que, dependendo da maturidade da empresa, qualquer método de seleção terá resultados condizentes, desde que se sigam as diretrizes e utilizem a árvore de critérios proposta.

Para ainda comprovar os benefícios das ferramentas, foram gerados padrões de corte para produção de um armário de banheiro, em que, as duas ferramentas selecionadas obtiveram melhores padrões de corte, quando comparadas com o material desperdiçado pelo padrão gerado pela empresa de forma empírica. Logo, o software *Maxcut* se destacou com menor percentual de desperdício.

Embora o produto selecionado para os testes seja pequeno e demanda o recorte de apenas uma chapa de MDF, já se notou uma maior velocidade na geração dos padrões de corte, o que deve se perpetuar conforme aumenta a complexidade dos produtos.

Entre as dificuldades encontradas na aplicação das diretrizes, houve um pouco de exaustão na aplicação da árvore de critérios, por essa ser razoavelmente extensa. Também pode haver certo grau de dificuldade por parte do agente facilitador, para encontrar as funcionalidades dos softwares selecionados para aplicar o questionário, sem nunca terem tido contato com os mesmos. Decidir por um método de seleção para a avaliação do questionário aplicado também pode ser uma tarefa difícil.

Ainda, mesmo com resultados positivos na utilização das ferramentas em um ambiente real, percebeu-se resistência por parte da mão-de-obra em continuar com a utilização dos novos recursos.

Como oportunidades de pesquisas futuras, existe a possibilidade de facilitar a aplicação das diretrizes, automatizando as etapas, principalmente as fases de aplicação e avaliação do questionário, facilitando assim a seleção do software.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou apresentar uma proposta de dissertação sobre problemas de corte de estoque em indústrias do segmento moveleiro, com o objetivo de identificar como a literatura e as próprias empresas lidam com o problema de geração de padrões de corte; identificar suas atuais dificuldades e propor soluções para isso. Assim, as subseções seguintes apresentam as contribuições da pesquisa, dificuldades e limitações, além de oportunidades para trabalhos futuros.

5.1 Contribuições

Para alcançar os objetivos, a pesquisa foi realizada em duas etapas. A primeira formada por um mapeamento sistemático de literatura, e a segunda, composta por uma pesquisa *survey* que resultou em um método com diretrizes para seleção de ferramentas de software, na geração de padrões de corte para MPE's moveleiras.

Para a comunidade científica, o mapeamento sistemático cobriu um *gap* na literatura, pois até então não havia sido encontrado na literatura um trabalho como este. Para a comunidade empresarial, a pesquisa *survey* e as diretrizes propostas para seleção de uma ferramenta de software contribuem para a aquisição de tecnologias da informação, que até então tem sido uma das maiores dificuldades desse setor, principalmente para micro e pequenas empresas.

Com o desenvolvimento do mapeamento sistemático, 597 artigos foram importados diretamente das bases de dados, dos quais 50 foram selecionados para extração e análise de

informações. As análises descritivas desses estudos selecionados foram conduzidas de forma a categorizar as pesquisas sobre problemas de corte e classificá-los de acordo com métodos e ferramentas utilizadas.

Notou-se que o Brasil se destacou com o maior número de autores das publicações, isso podendo estar relacionado com as exportações e com o número significativo de empresas do setor no país, tanto de pequeno como grande porte.

Com o mapeamento sistemático, foi possível identificar também um grande número de pesquisas que propõem métodos de resolução do problema, porém é necessário conhecimento em programação para entendimento e aplicação de tais recursos. Sendo assim, poucos dos estudos se preocupam em deixar claro para o ambiente industrial como identificar e aplicar o método que mais condiz com realidade de cada tipo de empresa.

Com isso, o segundo artigo, por meio de uma pesquisa *survey*, identificou como as empresas atuais geram os padrões de corte no processo de fabricação de móveis; entendeu suas atuais necessidades e cobriu a carência de uma visão prática sobre o assunto. Notou-se entre os resultados, a ausência de aplicações de inovações na geração de padrões de corte desse setor, seja por resistência da mão de obra, falta de conhecimento, custos elevados, entre outros.

Assim, de modo a cobrir a lacuna do mapeamento sistemático, foi proposto ainda no segundo artigo, um método com diretrizes para a seleção de uma ferramenta de software já existente para a geração de padrões de corte em empresas do segmento moveleiro. As diretrizes propostas são compostas por três etapas principais: planejamento, preparação para aquisição e aquisição do software.

Com as diretrizes sugeridas neste segundo artigo, foi selecionada para a aplicação uma empresa de pequeno porte, que até então utilizava de procedimento empírico para geração de padrões de corte.

Na terceira etapa das diretrizes, foram utilizados dois métodos de apoio à tomada de decisão para seleção dos softwares, um simples por somatório e outro, o método multicritério SMARTER, porém ambos chegaram à preferência dos mesmos softwares entre os sete; sendo eles o *Maxcut* seguido pelo *Sketchcut*.

Após testar e incorporar os softwares *Maxcut* e *Sketchcut* na empresa selecionada, percebeu-se com ambas uma redução no desperdício do material e uma melhora no tempo gasto para geração de padrões de corte, assim como maior facilidade no momento de cortar os itens, já que se tornou possível com a ferramenta, visualizar o gráfico de cortes antes e durante a sua realização.

Portanto, essa dissertação se mostra útil para pesquisadores e programadores por possuir um compilado de métodos utilizados até hoje para problemas de corte de estoque. Ao mesmo tempo, o trabalho gera conhecimento para o mercado empresarial, pois os mesmos se tornam aptos a aplicar as diretrizes propostas, de modo a encontrar ferramentas que possam melhorar seus processos de corte.

5.2 Dificuldades e limitações

Em relação ao segundo artigo, é possível notar algumas dificuldades na aplicação das diretrizes. É grande a falta de informação sobre as características e funções dos softwares que estão disponíveis no mercado, o que pode atrapalhar, principalmente, no momento de responder o questionário proposto. A aplicação de métodos multicritérios também podem ser dificultosa, principalmente para as empresas de menor porte com pessoas menos capacitadas. Porém, com a aplicação realizada na empresa, conclui-se que métodos mais simples de seleção também são válidos, se selecionarem boas ferramentas, desde que sigam todas as etapas das diretrizes e utilizem da árvore de critérios proposta.

Percebeu-se também que o processo de aplicação da árvore de critérios, ou seja, a aplicação das 41 perguntas do questionário para o agente facilitador e para as ferramentas de software, pode tornar-se um pouco exaustivo.

Além disso, mesmo a aplicação das diretrizes sendo um sucesso, com seleção de softwares que melhoram os planos de cortes gerados por uma empresa real, notou-se resistência por parte dos funcionários na adoção desses recursos, pois ainda julgam o método tradicional, neste caso empírico, mais prático.

Este estudo ainda se limita a ferramentas que resolvam o problema de corte, ou seja, em encontrar ferramentas que possuam características e funcionalidades para geração de padrões de corte. Neste caso, não são considerados outros problemas que permeiam o segmento moveleiro, como por exemplo, minimizar custo de processo e de material.

5.3 Oportunidades de pesquisa futura

Como sugestão de pesquisas futuras, fica a oportunidade de automatizar a aplicação das diretrizes, principalmente a aplicação do questionário contido na árvore de critérios, tornando todo esse processo mais rápido. Também é possível desenvolver um banco de dados com as ferramentas contidas no mercado, disponíveis para seleção.

Um acompanhamento de médio e longo prazo, de empresas que fizeram aquisição de ferramenta de softwares, por meio das diretrizes, também se faz interessante, de modo a analisar a adaptação, impactos e dificuldades futuras com a mudança.

Ainda, com a resistência notada durante a aplicação dos softwares para a geração dos padrões de corte na microempresa selecionada, percebe-se a necessidade de uma análise preliminar das condições, necessidades e motivações da empresa em adquirir uma tecnologia da informação, antes de fato da aplicação das diretrizes. Pois, de nada adianta selecionar uma ferramenta de software se a empresa não estiver disposta a usá-la, ou então, se não tiver os recursos necessários para isso.

REFERÊNCIAS

Abdi, M. R.; Labib, A. W. (2003). A design strategy for reconfigurable manufacturing systems (RMSs) using analytical hierarchical process (AHP): a case study. **International Journal of Production Research**, 41(10), 2273-2299.

Afsharian, M., Niknejad, A., & Wäscher, G. (2014). A heuristic, dynamic programming-based approach for a two-dimensional cutting problem with defects. **OR Spectrum**, 36(4), 971–999. doi:10.1007/s00291-014-0363-x .

Alvelos, F., Chan, T. M., Vilaça, P., Gomes, T., Silva, E., & Valério de Carvalho, J. M. (2009). Sequence based heuristics for two-dimensional bin packing problems. **Engineering Optimization**, 41(8), 773–791. doi:10.1080/03052150902835960.

Arenales, M.; Armentano, V.; Morabito, R.; Yanasse, H. (2007). **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Editora Campus, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO. Abimóvel divulga dados do setor de móveis. Disponível em: <http://www.abimovel.com/>. Acesso em: 1 abr. 2019.

Balestrin, A; Vargas, L. M. (2003). Redes horizontais de cooperação como estrutura favorável para o desenvolvimento das PMEs. In: Encontro Nacional Aa Associação De Pós-Graduação Em Administração, 27., 2003, Atibaia. Anais. Atibaia: ANPAD.

Brainer, M. S. D. C. P. SETOR MOVELEIRO: ASPECTOS GERAIS E TENDÊNCIAS NO BRASIL E NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, v. 4,

n. 48, p. 1-19, jul./2019.

Brainer, M. S. D. C. P. Setor Moveleiro: Brasil e Área de Atuação do BNB – Análise De Aspectos Gerais. Caderno Setorial ETENE, Banco do Nordeste., ano 6, nº169, 2021.

Bettinelli A, Ceselli A and Righini G (2008). A branch-and-price algorithm for the two-dimensional level strip packing problem. **4OR** 6(4): 361–374.

Bertoul, G. (2014). **Uma abordagem para a avaliação da qualidade de artefatos de software**. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5444/DIS_PPGCC_2014_BERTUOL_GELSON.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 fev. 2022.

Buehlmann, U., & Edward Thomas, R. (2001). Lumber yield optimization software validation and performance review. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 17(1-2), 27–32. doi:10.1016/s0736-5845(00)00034-x.

Carnieri, C., Mendoza, G e Luppold, W. (1993). Optimal cutting of dimension parts from lumber with a defect: A heuristic solution procedure. **Forest products journal**. 1993, 43(9), 66-72.

Carnieri, C., Mendoza, G. A., & Gavinho, L. G. (1994). Solution procedures for cutting lumber into furniture parts. **European Journal of Operational Research**, 73(3), 495–501. doi:10.1016/0377-2217(94)90244-5.

Carnieri, C., & Mendoza, G. A. (2000). fractional algorithm for optimal cutting of lumber into dimension parts. *Annals of Operations Research*, 95(1/4), 83–92. doi:10.1023/a:1018954108382.

Chan, T. M., Alvelos, F., Silva, E., & De Carvalho, J. M. V. (2011). Heuristics With Stochastic Neighborhood Structures For Two-Dimensional Bin Packing And Cutting Stock Problems. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 28(02), 255–278. doi:10.1142/s0217595911003168.

Cherri, A. C., Arenales, M. N., Yanasse, H. H., Poldi, K. C., & Gonçalves Vianna, A. C. (2014). The one-dimensional cutting stock problem with usable leftovers – A survey. **European Journal of Operational Research**, 236(2), 395–402. doi:10.1016/j.ejor.2013.11.026.

Chen, C. T.; Cheng, H. L. A. (2009) comprehensive model for selecting information system project under fuzzy environment. **International Journal of Project Management**, 27(4), 389-399.

Cintra GF, Miyazawa FK, Wakabayashi Y and Xavier AC (2008). Algorithms for two-dimensional cutting stock and strip packing problems using dynamic programming and column generation. **European Journal of Operational Research** 191(1): 61–85.

Coutinho, M. W. (2019). **O Problema de Corte de Estoque e Aplicações**. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática em Rede Nacional, Faculdade de Ciências da Universidade

Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2019. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191339/coutinho_mw_me_sjrp.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Acesso em: 19 fev. 2022.

Costa, G. W. da; Andrade, B. P. B.; Piran, F. A. S. (2021). PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO PARA MICRO E PEQUENAS MARCENARIAS DO SETOR MOVELEIRO. **Produção Online**, Florianópolis,21(3), 680-708.

Cui, Y. (2007). An exact algorithm for generating homogenous two-segment cutting patterns. **Engineering Optimization**, 39(3), 365–380. doi:10.1080/03052150601107984.

Cui, Y., & Huang, B. (2012). Reducing the number of cuts in generating three-staged cutting patterns. **European Journal of Operational Research**, 218(2), 358–365. doi:10.1016/j.ejor.2011.10.047.

Cui, Y., Yang, L., Zhao, Z., Tang, T., & Yin, M. (2013). Sequential grouping heuristic for the two-dimensional cutting stock problem with pattern reduction. **International Journal of Production Economics**, 144(2), 432–439. doi:10.1016/j.ijpe.2013.03.011.

Da Silva, A. K.; Botter, R. C. Method for assessing and selecting discrete event simulation software applied to the analysis of logistic systems. **Journal of Simulation**, 3(2), 95-106, 2009.

Damsgaard, J., & Karlsbjerg, J. (2010). Seven principles for selecting software packages. **Communications of the ACM**, 53(8), 63. doi:10.1145/1787234.1787252

Danwe, R., Bindzi, I., & Meva'a, L. (2012). Optimization of sawing in wood transformation primary industries. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 5(1). doi:10.3926/jiem.374.

Davis, L.; Williams, G. (1994). Evaluation and selecting simulation software using the analytic hierarchy process. **Integrated Manufacturing Systems**, 5(1), 23-32.

Diegel, A., Miller, G., Montocchio, E., Van Schalkwyk, S., & Diegel, O. (2006). Enforcing minimum run length in the cutting stock problem. **European Journal of Operational Research**, 171, 708–721.

Dyckhoff, H. (1990). A typology of cutting and packing problems. **European Journal of Operational Research**, 44(2), 145–159. doi:10.1016/0377-2217(90)90350-k.

Dong, Y., & Tang, J. (2009). Integrated profile selecting and cutting problem in SMEs environment. 2009 Chinese Control and Decision Conference. doi:10.1109/ccdc.2009.5195132.

Edwards, W. & Barron, F.H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multiattribute utility measurement. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, 60: 306-325.

Edwards, W. (1997). How to use multiattribute utility measurement for social decision making. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 7: 326-340.

ENAP, Escola Nacional de Administração Pública (org.). **Introdução à Interoperabilidade**. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública, 2014. 15 p. Disponível em: https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/2399/1/M%C3%B3dulo_1_EPING.pdf. Acesso

em: 21 fev. 2022.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. Home Furnishings - Market Sizes, Historical, Forecast. London: Euromonitor International, 2018.

Faggioli, E., & Bentivoglio, C. A. (1998). Heuristic and exact methods for the cutting sequencing problem. **European Journal of Operational Research**, 110(3), 564–575. doi:10.1016/s0377-2217(97)00268-3.

FAO. Global Forest Resources Assessment 2020: key findings. Key findings. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8753en>. Acesso em: 17 mar. 2021.

Fathi, Y., & Kianfar, K. (2012). An efficient model for the crosscut optimisation problem in a wood processing mill. **International Journal of Production Research**, 50(2), 485–497. doi:10.1080/00207543.2010.538446.

Fathi, Y., Kegler, S. R., & Culbreth, C. T. (1996). A column generation procedure for gang-rip saw arbor design and scheduling. **International Journal of Production Research**, 34(2), 313–327. doi:10.1080/00207549608904905.

Filho, A. P. (2009). **Modelo multicritério para priorização de ações estratégicas na implantação de unidade industrial utilizando métodos SMARTS/SMARTER**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Engenharia de Produção, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2009.

Freitas, H.; Oliveira, M.; Saccol, A. Z.; Moscarola, J., (2000). O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**, São Paulo, 35(3), 105-112.

Foronda, S. U., & Carino, H. F. (1991). A heuristic approach to the lumber allocation problem in hardwood dimension and furniture manufacturing. **European Journal of Operational Research**, 54(2), 151–162. doi:10.1016/0377-2217(91)90294-6.

Forza, C. (2002). Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, 22(2), 152-194.

Galinari, R., Teixeira Junior, J. R., Morgado, R. R. (2013). A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. 2013. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

Gil, A. C. (2010). **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas.

Gilmore, P. C., & Gomory, R. E. (1961). A linear programming approach to the cutting-stock problem. **Operations Research**, 9(6), 849–859.

Gilmore, P. C., & Gomory, R. E. (1963). A linear programming approach to the cutting stock problem - part II. **Operations Research**, 11(6), 863–888.

Gonçalves, J. F.; Resende, M. G. C.; Costa, M. D.. (2014). A biased random-key genetic algorithm for the minimization of open stacks problem. **International Transactions In Operational Research**, [S.L.], 23(1-2), 25-46. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/itor.12109>.

Gramani, M. C. N., França, P. M., & Arenales, M. N. (2009). A Lagrangian relaxation approach to a coupled lot-sizing and cutting stock problem. **International Journal of Production Economics**, 119(2), 219–227. doi:10.1016/j.ijpe.2009.02.011.

Gramani, M. C. N., França, P. M., & Arenales, M. N. (2011). A linear optimization approach to the combined production planning model. **Journal of the Franklin Institute**, 348(7), 1523–1536. doi:10.1016/j.jfranklin.2010.05.010.

Ghodsi, R., & Sassani, F. (2002). An adaptive fuzzy algorithm for cut sequencing of solid wood in furniture component production. Proceedings of the IEEE International Symposium on Intelligent Control. doi:10.1109/isic.2002.1157770.

Ghodsi, R., & Sassani *, F. (2005a). Real-time optimum sequencing of wood cutting process. **International Journal of Production Research**, 43(6), 1127–1141. doi:10.1080/00207540412331299684.

Ghodsi, R., & Sassani, F. (2005b). Online cutting stock optimization with prioritized orders. **Assembly Automation**, 25(1), 66–72. doi:10.1108/01445150510579021.

IEMI - INTELIGÊNCIA DE MERCADO. (2021). Estudo do Mercado Potencial de Móveis em Geral.

ISO/IEC. (2005). **Software Engineering – Product Quality Requirements and Evolution (SQuaRE)**, - Guide to SQuaRE. [s.l: s.n]

Kitchenham, B.; Charters, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

Klempous, R., Kotowski, J., & Szlachcic, E. (1996). Interactive procedures in large-scale two-dimensional cutting stock problems. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, 66(1-2), 323–331. doi:10.1016/0377-0427(95)00200-6.

Kłosowski, G., Kozłowski, E., & Gola, A. (2017). Integer Linear Programming in Optimization of Waste After Cutting in the Furniture Manufacturing. **Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance – ISPEM 2017**, 260–270. doi:10.1007/978-3-319-64465-3_26.

KOKTEN, Erkan Sami; SEL, Çağrı. A cutting stock problem in the wood products industry: a two-stage solution approach. **International Transactions In Operational Research**, [S.L.], p. 1-29, 26 abr. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/itor.12802>.

Konukcu, A. C., and Zhang, J. (2019). "Effects of full-size panel width on cutting yield of wood-based composites as upholstery furniture frame stocks," **BioRes**. 14(2), 4181-4193.

LEE, H. F., & SEWELL, E. C. (1999). The strip-packing problem for a boat manufacturing firm. **IIE Transactions**, 31(7), 639–651. doi:10.1080/07408179908969865.

Lima, J. R., & Carvalho, M. A. M. (2017). Descent search approaches applied to the minimization of open stacks. **Computers & Industrial Engineering**, 112, 175–186.

doi:10.1016/j.cie.2017.08.016.

Lodi A, Martello S and Vigo D. (2004). Models and bounds for two dimensional level packing problems. **Journal Of Combinatorial Optimization** 8(3): 363–379.

Lunardi, G. L.; Dolci, P. C.; Maçada, A. C. G. (2010). Adoção de tecnologia de informação e seu impacto no desempenho organizacional: um estudo realizado com micro e pequenas empresas. **Revista de Administração**, [S.L.], 45(1), 5-17. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0080-2107\(16\)30505-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0080-2107(16)30505-2).

Konukcu, A. C., and Zhang, J. (2019). "Effects of full-size panel width on cutting yield of wood-based composites as upholstery furniture frame stocks," **BioRes.** 14(2), 4181-4193.

Ma, Y., & Yang, C. M. (2011). The Cutting Optimization of the CNC Bothway Panel Saw under the Technology Constraint. **Advanced Materials Research**, 308-310, 908–913. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.308-310.908.

Macedo, R., Alves, C., & Valério de Carvalho, J. M. (2010). Arc-flow model for the two-dimensional guillotine cutting stock problem. **Computers & Operations Research**, 37(6), 991–1001. doi:10.1016/j.cor.2009.08.005.

Martello, S. and Vigo, D., (1998). Exact solution of the two-dimensional finite bin packing problem. **Management Science**, 44 (3), 388–399.

Maturana, S., Pizani, E., & Vera, J. (2010). Scheduling production for a sawmill: A comparison of a mathematical model versus a heuristic. **Computers & Industrial Engineering**, 59(4), 667–674. doi:10.1016/j.cie.2010.07.016.

Melega, G. M., de Araujo, S. A., & Jans, R. (2018). Classification and literature review of integrated lot-sizing and cutting stock problems. **European Journal of Operational Research**, 271(1), 1–19. doi:10.1016/j.ejor.2018.01.002.

Melega, G. M., de Araujo, S. A. & Morabito, R. (2020) Mathematical model and solution approaches for integrated lot-sizing, scheduling and cutting stock problems. **Ann Oper Res**, 295, 695–736. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03764-9>

Mendes, J., Fernandes, P., & Pereira, C. S. (2015). An information system for the cutting stock problem with optimization of retail materials in stock. 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). doi:10.1109/cisti.2015.7170475.

Méxas, M.; Quelhas, O.; Costa, H. (2011). Multicritério Aplicado à Seleção de Sistemas de Informação: uma revisão bibliográfica. **Sistemas & Gestão**, [S.L.], 6(3), 366-383. LATEC. <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2011.v6.n3.a9>.

Moengin, P; Harahap, E F; Adisuwiryo, S; A Fransiska, W. (2019). Integer Linear Programming Model and Algorithm to Integrate Heuristics Scheduling EDD, Inventory Control and Distribution Problems in a Modular Production System. Iop Conference Series: Materials Science and Engineering, [S.L.], 528, 520-528. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/528/1/012039>.

Mohanty, R. P.; Venkataraman, S. (1993). Use of analytic hierarchy process for selecting automated manufacturing systems. **International Journal of Operations and Production Management**, 13(8), 45–57.

- Morabito, R., & Arenales, M. (2000). Optimizing the cutting of stock plates in a furniture company. **International Journal of Production Research**, 38(12), 2725–2742. doi:10.1080/002075400411457.
- Morabito, R., & Belluzzo, L. (2007). Optimising the cutting of wood fibre plates in the hardboard industry. **European Journal of Operational Research**, 183(3), 1405–1420. doi:10.1016/j.ejor.2005.11.066.
- Mrad, M. (2015). An arc flow-based optimization approach for the two-stage guillotine strip cutting problem. **Journal of the Operational Research Society**, 66(11), 1850–1859. doi:10.1057/jors.2015.8.
- Nee, A. Y. C., & Long, S. L. (1988). Microcomputer-aided material management in a furniture factory. *Computers in Industry*, 10(4), 221–229. doi:10.1016/0166-3615(88)90001-2.
- Oliveira, O., Gamboa, D., & Fernandes, P. (2016). An Information System for the Furniture Industry to Optimize the Cutting Process and the Waste Generated. **Procedia Computer Science**, 100, 711–716. doi:10.1016/j.procs.2016.09.215.
- Oliveira, R. S. (2019). **UMA METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE SOFTWARE**. 2019. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/13075/Roberta%20Sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 dez. 2021.
- Pradenas, L., Garcés, J., Parada, V., & Ferland, J. (2013). Genotype–phenotype heuristic approaches for a cutting stock problem with circular patterns. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, 26(10), 2349–2355. doi:10.1016/j.engappai.2013.08.003.
- Prates, G. A.; Ospina, M. T. (2004). Tecnologia da informação em pequenas empresas: fatores de êxito, restrições e benefícios. **Revista de Administração Contemporânea**, [S.L.], 8(2), 9-26. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-65552004000200002>.
- Petersen, K.; Vakkalanka, S.; Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. **Information and Software Technology**, 64, 1-18.
- Poldi, K. C., & Arenales, M. N. (2009). Heuristics for the one-dimensional cutting stock problem with limited multiple stock lengths. **Computers & Operations Research**, 36(6), 2074–2081. doi:10.1016/j.cor.2008.07.001.
- Rahman, A., Sarker, S., & Islam, M. T. (2018). Simulating Cutting Line of a Furniture Industry. 2018 International Conference on Production and Operations Management Society (POMS). doi:10.1109/poms.2018.8629447
- Ribeiro, E. **3D Warehouse**. 2022. Disponível em: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/a36cd1a1-db82-4643-b2d5-7a95e4c06575/Arm%C3%A1rio-banheiro>. Acesso em: 04 maio 2022.
- Rita M CláudioAlves and ValériodeCarvalho JM (2010). Arc-flow model for the two-dimensional guillotine cutting stock problem. **Computers & Operations Research** 37(6): 991–1001.

- Roberts, S. A. (1984). Application of Heuristic Techniques to the Cutting-Stock Problem for Worktops. **Journal of the Operational Research Society**, 35(5), 369–377. doi:10.1057/jors.1984.77.
- Russo, M.; Boccia, M.; Sforza, A.; Sterle, C. (2019). Constrained two-dimensional guillotine cutting problem: upper bound review and categorization. **International Transactions In Operational Research**, [S.L.], 27(2), 794-834. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/itor.12687>.
- SEBRAE (Org.). (2013). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas. **Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa 2013**. 6. ed. São Paulo: Diesse. 288. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.
- Shtub, A.; Spiegler, I.; Kapeliuk, A. (1988). Using DSS methods in selecting operations management software. **Computer Integrated Manufacturing Systems**, 1(4), 211-220.
- Sumey, J. S., & Klinkhachorn, P. (1998). **Enhancement of ALPS packing yield using a polygon cutting model**. Proceedings of Thirtieth Southeastern Symposium on System Theory. doi:10.1109/ssst.1998.660118
- Silva, E., Alvelos, F., & Valério de Carvalho, J. M. (2014). Integrating two-dimensional cutting stock and lot-sizing problems. **Journal of the Operational Research Society**, 65(1), 108–123. doi:10.1057/jors.2013.25.
- Silva, E., Alvelos, F., & Valério de Carvalho, J. M. (2010). An integer programming model for two- and three-stage two-dimensional cutting stock problems. **European Journal of Operational Research**, 205(3), 699–708. doi:10.1016/j.ejor.2010.01.039.
- Sumey, J. S., & Klinkhachorn, P. (1998). Enhancement of ALPS packing yield using a polygon cutting model. Proceedings of Thirtieth Southeastern Symposium on System Theory. doi:10.1109/ssst.1998.660118.
- Toscano, A., Rangel, S., & Yanasse, H. H. (2015). A heuristic approach to minimize the number of saw cycles in small-scale furniture factories. *Annals of Operations Research*, 258(2), 719–746. doi:10.1007/s10479-015-1955-9.
- Vasko, F. J., Newhart, D. D., Stott, J. R., & K. L. & Wolf, F. E. (2000). Fiddler on the roof: Balancing trim loss and setups. *OR Insight*, 13, 9–14.
- Vanzela, M., Rangel, S., & Araujo, S. A. de. (2013). The Integrated Lot Sizing and Cutting Stock Problem in a Furniture Factory*. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(7), 390–395. doi:10.3182/20130522-3-br-4036.00030.
- Vanzela, M., Melega, G. M., Rangel, S., & Araujo, S. A. de. (2017). The integrated lot sizing and cutting stock problem with saw cycle constraints applied to furniture production. **Computers & Operations Research**, 79, 148–160. doi:10.1016/j.cor.2016.10.015.
- Vianna, A.C., Arenales, M. and Gramani, M.C., Two-stage and constrained two-dimensional guillotine cutting problems. Working paper, Universidade de São Paulo, Brazil, 2002 (submitted for publication).

Vianna ACG, Arenales MN (2006) Problema de corte de placas defeituosas. *Pesquisa Operacional* 26:185–202.

Yanasse, Horacio H.; Zinober, Alan S. I.; Harris, Reginald G.. Two-Dimensional Cutting Stock with Multiple Stock Sizes. **The Journal Of The Operational Research Society**, [S.L.], v. 42, n. 8, p. 673-683, ago. 1991. JSTOR. <http://dx.doi.org/10.2307/2583786>.

Yanasse, H. H., & Morabito, R. (2006). Linear models for 1-group two-dimensional guillotine cutting problems. **International Journal of Production Research**, 44(17), 3471–3491. doi:10.1080/00207540500478603.

YANASSE, H. H.; MORABITO, R.. A note on linear models for two-group and three-group two-dimensional guillotine cutting problems. **International Journal of Production Research**, [S.L.], v. 46, n. 21, p. 6189-6206, 10 out. 2008. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540601011543>.

Yazgaç, Tülin; Özdemir, Rifat Gürcan. A cutting sequencing approach to modular manufacturing. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 20-28, jan. 2004. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/09576060410512211>.

Yue, Q. e Gao, L. (2009). Genetic annealing algorithm for cutting stock problem in furniture industry. 2009 IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design. doi:10.1109/caidcd.2009.5374979.

Wascher, G., Haußner, H., & Schumann, H. (2007). An improved typology of cutting and packing problems. **European Journal of Operational Research**, 183(3), 1109–1130. doi:10.1016/j.ejor.2005.12.047.

Zanakis, S. H., & Evans, J. R. (1981). Heuristic “Optimization”: Why, When, and How to Use It. *Interfaces*, 11(5), 84–91. doi:10.1287/inte.11.5.84.

APÊNDICES

Apêndice A – Protocolo de Pesquisa

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO SOBRE PROBLEMAS DE CORTE NO SETOR MOVELEIRO

PROTOCOLO DE PESQUISA

1. Objetivo

A competitividade empresarial têm sido grande motivadora para geração de negócios, imersão em novas tecnologias e inovação. Conseqüentemente, isso acaba sendo um desafio a ser enfrentado pelos empreendedores diariamente. Assim, para potencializar resultados e se destacar perante seu segmento, as empresas devem reforçar suas vantagens e ficarem atentas a problemas práticos que, muitas vezes, passam despercebidos, fazendo com que elas não atinjam suas metas, como o caso de problemas de corte.

Neste contexto, analisando processos produtivos, é difícil não notar uma etapa que envolva corte de materiais. Várias indústrias usam objetos maiores padronizados para serem cortados em tamanhos menores variados, porém, embora esse problema possa ser fácil de ser representado matematicamente, ele é difícil de ser solucionado, pois mesmo que haja um domínio finito de soluções, essas podem ser difíceis de serem enumeradas (TEMPONI, 2007). Desse modo, diferentes métodos podem ser associados para resolução desse tipo de problema, sendo esses exatos ou não, assim como propostas de diferentes heurísticas.

Assim, de acordo com Poldi e Arenales (2010, p. 154), problema de corte pode ainda ser definido como:

“Problemas de corte de estoque consistem em cortar peças maiores (objetos) disponíveis em estoque com a finalidade de produzir peças menores (itens)

para atender uma dada demanda, otimizando uma determinada função objetivo que pode ser, por exemplo, minimizar a perda de material, ou o custo dos objetos cortados” (POLDI; ARENALES, 2010, p. 154)

Sabendo disso, o problema de corte é fortemente presente nas indústrias do setor moveleiro, já que essas necessitam cortar placas de MDF padronizadas em diferentes itens menores, para fabricação de móveis, sejam eles planejados ou modulados. Ainda, de acordo com dados divulgados pela Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (Abimóvel), o setor moveleiro, alocado no sul do país, vem se destacando na exportação, somando os três estados da região 84,8% das exportações de móveis no início de 2019, sendo a maioria composta por micro e pequenas empresas (ABIMOVEL, 2019) e ocupou o 7º lugar entre os maiores produtores mundiais em 2018 (Euromonitor International, 2018). Diante disso, o setor moveleiro possui grandes oportunidades de crescimento, porém a incorporação tecnológica nesse segmento ainda é inferior à maioria das indústrias de transformação.

Diante deste contexto, o objetivo do presente trabalho é oportunizar um protocolo de pesquisa para realização de um mapeamento sistemático relacionado a problemas de corte no setor moveleiro, buscando explorar o conhecimento pré-existente sobre o tema, assim como identificar pontos de vistas discordantes e oportunidades de novas pesquisas na área.

2. Perguntas de pesquisa

A evolução dos sistemas de produção, segundo a Indústria 4.0, são desafios que preocupam as empresas brasileiras, principalmente as do setor mobiliário predominantes por microempresas, existindo um longo caminho a ser percorrido, o que acarreta grandes desafios técnicos e sociais para acompanhar essas transformações (BROAINER, 2018).

Ante o exposto, esse cenário influencia a esta pesquisa a encontrar estudos que respondam as seguintes perguntas:

PP1: Como gerar padrões de cortes para indústrias moveleiras de modo a minimizar suas perdas?

PP2: Quais métodos estão sendo utilizadas para gerar padrões de corte?

PP3: Quais ferramentas computacionais estão sendo empregadas para gerar padrões de corte?

PP4: Quais dados são necessários para gerar padrões de corte?

PP5: Como os trabalhos existentes classificam os problemas de corte?

3. Estratégias de busca

3.1 *String* de busca

Para guiar a pesquisa, é necessário desenvolver uma estratégia de busca, em que definir palavras-chave se torna algo fundamental neste processo, pois posteriormente elas serão combinadas a fim de compor uma *string*, sendo esta, de acordo com Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015) desenvolvida para identificar e combinar palavras-chave de modo a encontrar estudos de acordo com o objetivo e relacionados às perguntas de pesquisa.

Diante disso, a Tabela 21 expõe os termos utilizados para compor posteriormente a *string* de busca.

Tabela 21 - Palavras chaves e termos de busca para a pesquisa.

Palavras chaves	Termos
Problema de corte	<i>cutting stock problem; cutting problem; cutting pattern; cutting.</i>
Indústria moveleira	<i>furniture industry; furniture sector; furniture manufacturing; furniture; wood industry.</i>
Modelagem e simulação	<i>mathematical model; mathematical modeling; engineering problem; heuristic; metaheuristic; optimization; simulation.</i>

Fonte: Autora (2022).

Vale destacar que os termos a Tabela 10 estão em língua inglesa, a fim de ampliar os resultados. Assim, derivado das palavras chaves, a *string* utilizada para as buscas é descrita como:

(“cutting stock problem” OR “cutting problem” OR “cutting pattern” OR cutting) AND (“furniture industry” OR “furniture sector” OR “furniture manufacturing” OR furniture OR “wood industry”) AND (“mathematical model” OR “mathematical modeling” OR “engineering problem” OR heuristic OR metaheuristic* OR optimization* OR simulation*)*

Desse modo, a *string* conecta termos relacionados ao problema de corte, somados ao setor moveleiro e aos métodos de resolução, variando e combinando estes com os operadores booleanos “OR” e “AND”.

3.2 Fontes de busca

As estratégias de busca também incluíram a definição das fontes que a serem utilizadas, sendo elencadas inicialmente 18 para a realização das buscas, conforme listadas na Tabela 22, com seus respectivos endereços online indexados.

Tabela 22 - Fontes de busca definidas para a pesquisa.

ID	Fonte	URL
1	ACM Digital Library	https://dl.acm.org/
2	EBSCO HOST	https://search.ebscohost.com
3	Emerald Insight	http://emeraldinsight.com
4	Engineering Village	https://engineeringvillage.com
5	Google Academic	https://scholar.google.com/
6	IEEE Xplore	https://ieeexplore.ieee.org
7	Inderscience	https://www.inderscience.com/
8	IngentaConnect	https://www.ingentaconnect.com/
9	LNCS	https://dblp.org/db/journals/lncs.html
10	MathSciNet	https://mathscinet.ams.org/mathscinet/
11	Oxford Journals	https://academic.oup.com/journals
12	ProQuest	https://www.proquest.com/
13	ScienceDirect	https://sciencedirect.com
14	Scielo	https://search.scielo.org/
15	Scopus	https://www.scopus.com/
16	SpringerLink	https://www.springer.com/
17	Taylor & Francis	https://tandfonline.com
18	Wiley Online Library	https://onlinelibrary.wiley.com
19	Web of Science	http://webofknowledge.com/

Fonte: Autora (2022).

Para escolha das fontes de busca elencadas acima, foram classificadas aquelas que possuem publicações na área da Engenharia, Tecnologia e Computação, sendo consideradas nacionais e internacionais.

4. Estratégias de Seleção

Nesta etapa, serão propostos critérios de exclusão e inclusão que serão aplicados em cada artigo retornado das fontes de busca, visando selecionar apenas aqueles com evidência mais direta a respeito das questões de pesquisa.

4.1 Critérios de Exclusão

Serão excluídos os artigos que se enquadrarem em pelo menos um dos critérios abaixo:

Critério 1: Que não estejam publicados em inglês;

Critério 2: Não relacionados a geração de padrões de cortes;

Critério 3: Que não consigam responder satisfatoriamente às questões de pesquisa;

Critério 4: Quando não aplicados na indústria moveleira ou madeireira;

Critério 5: Não contribui para expansão do estado da arte do tema;

Critério 6: Quando encontrados artigos duplicados, apenas o mais completo será mantido;

Critério 7: Não disponível online para leitura completa.

4.2 Critérios de Inclusão

Serão inclusos os estudos que satisfaçam os seguintes critérios:

Critério 8) Artigos relacionados a problemas de corte na indústria moveleira ou madeireira;

Critério 9: Que responda satisfatoriamente as questões de pesquisa;

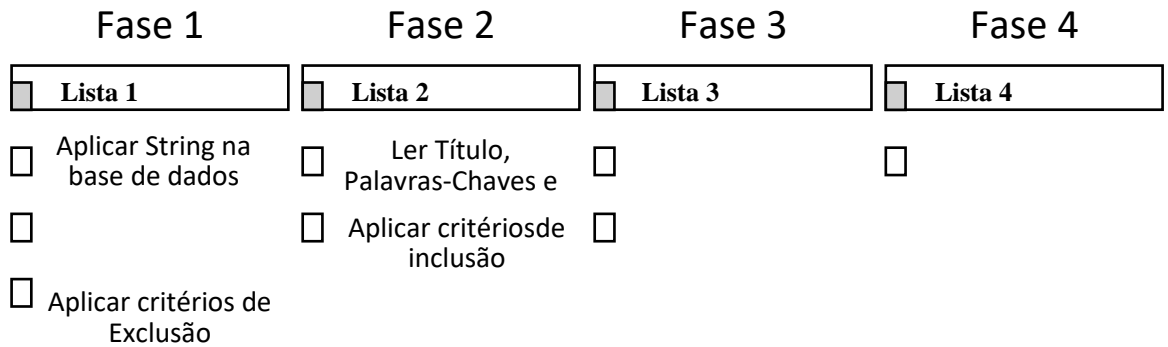
Critério 10: Que apresente proposta de métodos para gerar padrões de corte;

Critério 11: Quando mais de um artigo apresentar resultados distintos de um mesmo estudo, todos serão incluídos.

4.3 Processo de Seleção

O processo de seleção dos estudos está representado na Figura 30.

Figura 30- Processo de seleção.



Fonte: Autora (2022).

Na primeira fase, será aplicado a *string* nas bases de dados e serão listados os artigos restantes após aplicação dos critérios de exclusão. Uma busca manual também será realizada nas fontes de busca, permitindo encontrar estudos que não utilizam a combinação proposta de palavras-chaves. Na segunda fase, será realizada a leitura dos Títulos, Palavras-Chaves e Resumos e serão selecionados os artigos de acordo com os critérios de inclusão. Na fase seguinte, será realizada a leitura da Introdução e Conclusão, buscando identificar narrativas relevantes. Na quarta e última fase, será realizada a leitura completa dos textos selecionados na Fase 3 para a construção do Mapeamento Sistemático.

5. Avaliação da qualidade

De acordo com Kitchenham *et. al.* (2010), a avaliação da qualidade em um mapeamento sistemático é importante para garantir que os resultados sejam baseados em evidências da melhor qualidade. Assim, baseado nos critérios de Dyba *et. al.* (2010) sobre relato, rigor, credibilidade e relevância, a avaliação da qualidade para este mapeamento sistemático é descrita na Tabela 23.

Tabela 23 - Avaliação da Qualidade.

ID	Categoria	Questão
1	Qualidade do relato da fundamentação, dos objetivos, metas, justificativas e do contexto do estudo	O estudo relatou pesquisa empírica ou relata apenas opiniões de especialistas?
2		Os objetivos e metas foram claramente descritos?
3		Existe uma justificativa que motivou o estudo?
4		Houve uma descrição adequada do contexto em que a pesquisa foi realizada?
5	Rigor dos métodos de pesquisa	A proposta de pesquisa foi adequada para atingir os objetivos da pesquisa?

6		Houve uma descrição adequada de como os dados foram coletados?
7		Os dados foram coletados de forma apropriada para a pesquisa?
8		Foi possível comparar tratamentos com grupos de controle?
9		Os métodos utilizados para analisar os dados estavam bem descritos e eram apropriados?
10	Credibilidade dos métodos de estudo	A relação entre os pesquisadores e participantes foi considerada?
11		Os resultados e conclusões foram claramente expostos?
12	Relevância do estudo para área	O estudo apresenta algum valor para pesquisa ou prática?

Fonte: Adaptado de Shea *et al.* (2007).

As questões descritas na Tabela 13 são passíveis de serem respondidas com “SIM” ou “NÃO”, e devem ser aplicadas a cada um dos estudos encontrados, pois assim, é possível ter certeza de que as conclusões dos estudos contribuirão para o mapeamento sistemático (DYBA *et. al.*, 2010).

Para uma melhor avaliação dos trabalhos encontrados, baseando-se em COSTA (2016) e FERREIRA *et al.* (2018), eles podem ainda ser classificados de acordo com a Tabela 24.

Tabela 24 - Esquema para classificação das pesquisas.

Categoria	Crítérios	Classificação
Dados	Dimensão	Unidimensional
		Bidimensional
		Tridimensional
		n-dimensional
	Objetivo	Minimizar
		Maximizar
	Padrão de corte	Homogêneo
		Heterogêneo
Restrito		
Procedência	Guilhotinado	
	Reais	
	Instâncias fictícias	
Método	Heurística	Construtivas
		Busca local ou em vizinhança
		Meta-heurística
	Exato	Programação Linear
		Programação Não Linear
		Programação Dinâmica
Foco	Propor um novo método	Inovador
	Testar método existente	Exploratório

Fonte: Autora (2022).

De acordo com a Tabela 24, os trabalhos encontrados na literatura podem ser categorizados em três aspectos: dados, método e foco. Na categoria dados, os trabalhos podem ser divididos em dimensões, objetivos, padrões de corte e procedência diferentes. Na categoria método, os trabalhos podem ser divididos por uso de heurísticas ou por métodos exatos. E, ainda em relação ao foco, estes podem ser inovadores, com propostas de novos métodos ou de exploração de métodos já existentes. Fica ainda permitido que o estudo se enquadre em mais de uma classificação.

6. Estratégias de extração

Nessa etapa, os dados foram extraídos de cada um dos estudos, a fim de padronizar as informações e facilitar para uso posterior. As seguintes informações devem ser extraídas:

- Nome do revisor;
- Data da extração;
- Título do artigo;
- Autor(es);
- Ano de publicação;
- Tipo de fonte (revista, conferência ou jornal);
- Título da fonte;
- Observações.

Considerando responder as perguntas de pesquisa, os seguintes dados também serão extraídos:

- Dimensão do problema avaliado;
- Técnica utilizada para solução;
- Ferramenta utilizada (software);
- Setor industrial de aplicação;
- Tipo de resultado obtido.

7. Avaliação do protocolo

Visando garantir um bom resultado do mapeamento sistemático, o protocolo de pesquisa precisa ser validado. Para isso, este será submetido a pesquisadores independentes, e para a avaliação, será utilizada a escala Likert-5, tomando os níveis de concordância da seguinte forma:

- **Discordo totalmente (Peso 1):** Quando o protocolo não atende de forma alguma os critérios da questão;
- **Discordo parcialmente (Peso 2):** Quando o protocolo não atende os critérios da questão;
- **Neutro (Peso 3):** Na situação em que o protocolo não evidencia se atende ou não os critérios da questão;
- **Concordo parcialmente (Peso 4):** Quando o protocolo atende parcialmente os critérios da questão;
- **Concordo totalmente (Peso 5):** Quando o protocolo atende totalmente os critérios da questão.

Será disponibilizado um formulário, utilizando a ferramenta de Formulários do *Google*, contendo as questões a serem respondidas pelos pesquisadores, sendo essas, desenvolvidas a partir das orientações de Kitchenham e Charters (2007), conforme Apêndice A.1.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO. Abimóvel divulga dados do setor de móveis. Disponível em: <http://www.abimovel.com/>. Acesso em: 1 abr. 2019.

Brainer, M. S. D. C. P. (2018). SETOR MOVELEIRO: ASPECTOS GERAIS E TENDÊNCIAS NO BRASIL E NA ÁREA DE ATUAÇÃO DO BNB. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, 34(3), 1-22.

Costa, L. L. S. (2016). Um estudo sobre o problema de corte de estoque bidimensional 2-estágios. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática Aplicada, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Dyba, T.; Kitchenham, B. A.; Jorgensen, M. (2005). Evidence-based software engineering for practitioners. *IEEE software*, 22(1), 58-65.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. (2018). Home Furnishings - Market Sizes, Historical, Forecast. London: Euromonitor International.

Ferreira, A. *et al.* (2019). Programação da Produção e Meta-Heurísticas: Uma Revisão de Mapeamento Sistemático. *Revista Gestão Industrial. UTFPR. Periódicos*. 14(3), 38-62.

Kitchenham, B.; Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.

Kitchenham, B.; Budgen, D.; Brereton, P. (2011). Using mapping studies as the basis for further

research – A participant-observer case study. *Information and Software Technology*. 53(6), 638-651.

Petersen, K.; Vakkalanka, S.; Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18.

Poldi, K. C.; Arenales, M. N. (2010) O problema de corte de estoque unidimensional multiperíodo. *Pesquisa Operacional*, 30(1), 153–174.

Temponi, E. C. C. (2007). Uma Proposta de Resolução do Problema de Corte Bidimensional via Abordagem Metaheurística. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas, p. 100.

Apêndice A.1 - Formulário de validação do protocolo

Após a leitura do Protocolo do Mapeamento Sistemático de Literatura sobre Problemas de Corte no Setor Moveleiro, por gentileza, responda as questões a seguir, considerando os seguintes níveis de concordância:

- **Discordo totalmente (Peso 1):** Quando o protocolo não atende de forma alguma os critérios da questão;
- **Discordo parcialmente (Peso 2):** Quando o protocolo não atende os critérios da questão;
- **Neutro (Peso 3):** Na situação em que o protocolo não evidencia se atende ou não os critérios da questão;
- **Concordo parcialmente (Peso 4):** Quando o protocolo atende parcialmente os critérios da questão;
- **Concordo totalmente (Peso 5):** Quando o protocolo atende totalmente os critérios da questão.

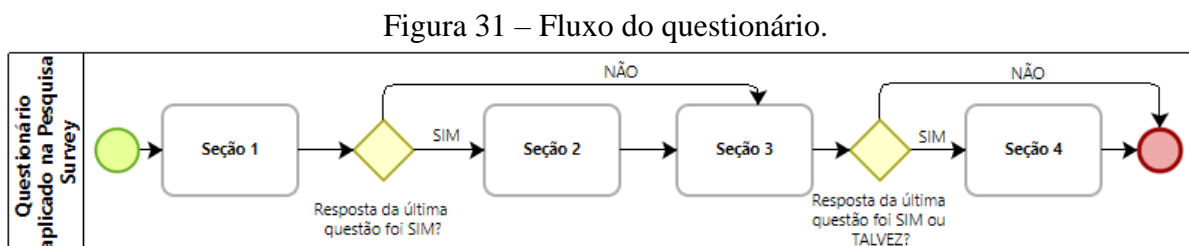
Caso existam questões respondidas com ‘Neutro’, ‘Discordo Parcialmente’ ou ‘Discordo Totalmente’, sugere-se a inclusão de justificativa para a resposta apresentada.

Questões:

1. Foi possível encontrar questionamentos importantes sobre problemas de corte no qual o mapeamento se dedica a responder?
2. A *string* de busca é adequadamente derivada da pergunta de pesquisa?
3. As fontes e tipos de busca escolhidos provavelmente retornarão os estudos relevantes?
4. Os critérios para inclusão e exclusão dos estudos primários descritos são adequados?
5. A pesquisa conseguirá avaliar adequadamente a qualidade/validade dos estudos incluídos?
6. O procedimento de extração dos dados aborda adequadamente as perguntas de pesquisa?
7. O procedimento de análise dos dados é apropriado para responder as perguntas de pesquisa?
8. Questão aberta para sugestões/comentários.

Apêndice B – Questionário eletrônico aplicado na etapa 2, para elaboração da pesquisa *survey*.

O questionário foi aplicado, usando a plataforma do *Google Forms*, e seguiu o seguinte fluxo da Figura 31;



Fonte: Autora (2022).

Problema de Corte - Um levantamento na Indústria Moveleira

Olá, essa é uma pesquisa voltada para as empresas do segmento moveleiro, de modo a contribuir para o trabalho de mestrado em Engenharia de Produção da aluna Nádyá Zanin Muzulon, orientada pela prof. Dra. Gislaine Camila Lapasini Leal e Dra. Juliana Verga Shirabayashi, da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Sua participação é essencial para o desenvolvimento deste estudo, cujo objetivo é identificar algumas características, interesses e necessidades sobre a utilização de softwares para o planejamento de corte. As perguntas são referentes ao setor de corte, logo é importante que o respondente do questionário tenha algum conhecimento sobre o funcionamento desse setor na empresa.

O questionário pode levar, no máximo, alguns minutos. Seja sincero (a), a empresa não terá sua identidade divulgada e os dados serão divulgados de forma agrupada.

Agradecemos, desde já, sua participação e contribuição.

Seção 1

Qual seu atual cargo na empresa?

- Auxiliar/Analista/Gestor de PCP (Planejamento e Controle da Produção)
- Auxiliar/Analista/Gestor da Qualidade
- Auxiliar/Analista/Gestor de P&D (Planejamento e Desenvolvimento)
- Administração Geral
- Operador/Auxiliar de Produção
- Estagiário(a)
- Trainee
- Outro. Qual? _____

Em qual estado está localizada sua empresa?

Em qual cidade sua empresa está localizada?

Qual é o porte da empresa? Fonte: Sebrae (classificação utilizada pela área de Pesquisa do Sebrae)

- Micro (Até 19 empregados)
- Pequeno (De 20 a 99 empregados)
- Médio (De 100 a 499 empregados)
- Grande (500 ou mais empregados)

Quem são os responsáveis pelo planejamento de como será realizado o corte da matéria prima (Ex: Placas de MDF, placas de madeira maciça, toras de madeira, etc.)?

- PCP
- Departamento de Otimização
- Programador de Corte
- Estagiário
- Operador
- Consultor Externo
- Outro. Quem? _____

Qual a classe de produtos produzidos?

- Móveis Planejados
- Móveis Modulados
- Outro. Qual? _____

O tamanho dos itens a serem cortados variam em quantas dimensões?

- Uma dimensão
- Duas dimensões
- Três dimensões
- Outro. Qual? _____

A sua matéria prima:

- Possui um único tamanho padrão
- São padronizadas, mas pode variar nas dimensões
- Não são padronizadas, variam muito nas dimensões

Qual é a demanda média diária de itens a serem cortados?

- Menos de 50 itens
- Entre 50 e 200 itens
- Entre 200 e 1000 itens
- Mais de 1000 itens
- Pode variar entre as opções, dependendo do dia

O setor de corte na sua empresa possui algumas dessas características?

- Guilhotinado (realizado de uma extremidade a outra)
- Corte a Laser
- Máquina CNC

É utilizada alguma ferramenta computacional, como por exemplo softwares, para gerar os padrões de corte provenientes da matéria prima?

- Sim
- Não

Seção 2

Qual software ou ferramenta é utilizada para gerar os padrões de corte?

Como você avalia o manuseio do software utilizado?

	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Como você avalia o desempenho do software utilizado?

	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Seção 3

Qual é o percentual médio de perda de material no processo de corte?

Como você avalia o processo de planejamento de corte utilizado atualmente em sua empresa?

	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Quais são as dificuldades existentes no setor de corte da sua empresa atualmente?

- () Perda de material elevada
- () Itens demandados não cortados no tempo estipulado
- () Planejamento de corte realizado de forma empírica, sem planejamento prévio
- () Não há um responsável pelo planejamento de corte
- () Falta de mão de obra qualificada
- () Demora para planejar planos de corte
- () Ferramenta ou Software difíceis de utilizar
- () Outros. Quais? _____

Descreva seu processo de corte de materiais:

Sua empresa testaria uma fermenta desenvolvida por essa pesquisa para planejamento e geração de planos de corte?

Sim

Não

Talvez

Seção 4

Deixe um e-mail para contato: _____

Apêndice C – Tabela dos estudos selecionados para análise no mapeamento sistemático com seus respectivos números de identificação (ID).

ID	Study title	Citation
S1	Application of Heuristic Techniques to the Cutting-Stock Problem for Worktops	Roberts (1984)
S2	Microcomputer-aided material management in a furniture factory.	Nee e Long (1988)
S3	A heuristic approach to the lumber allocation problem in hardwood dimension and furniture manufacturing	Foronda e Carino (1991)
S4	Two-dimensional Cutting Stock with Multiple Stock Sizes	Yanasse, Zinober e Harris (1991)
S5	Optimal cutting of dimension parts from lumber with a defect: A heuristic solution procedure	Carnieri, Mendoza e Luppold (1993)
S6	Solution procedures for cutting lumber into furniture parts	Carnieri, Mendoza e Gavinho (1994)
S7	A column generation procedure for gang-rip saw arbor design and scheduling	Fathi, Kegler e Culbreth (1996)
S8	Interactive procedures in large-scale two-dimensional cutting stock problems.	Klempous, Kotowski e Szlachcic (1996)
S9	Enhancement of ALPS packing yield using a polygon cutting model	Sumey e Klinkhachorn (1998)
S10	Heuristic and exact methods for the cutting sequencing problem.	Faggioli e Bentivoglio (1998)
S11	The strip-packing problem for a boat manufacturing firm	Lee e Sewell (1999)
S12	A fractional algorithm for optimal cutting of lumber into dimension parts	Carnieri e Mendoza (2000)
S13	Optimizing the cutting of stock plates in a furniture company.	Morabito e Arenales (2000)
S14	Lumber yield optimization software validation and performance review.	Buehlmann e Thomas (2001)
S15	An Adaptive Fuzzy Algorithm for Cut Sequencing of Solid Wood in Furniture Component Production	Ghodsi e Sassani (2002)
S16	A cutting sequencing approach to modular manufacturing	Yazgaç e Özdemir (2004)
S17	Real-time optimum sequencing of wood cutting process.	Ghodsi e Sassani (2005a)
S18	Online cutting stock optimization with prioritized orders.	Ghodsi e Sassani (2005b)
S19	Linear models for 1-group two-dimensional guillotine cutting problems	Yanasse e Morabito (2006)
S20	An exact algorithm for generating homogenous two-segment cutting patterns	Cui (2007)
S21	Optimizing the cutting of wood fibre plates in the hardboard industry	Morabito e Belluzzo (2007)
S22	A note on linear models for two-group and three-group two-dimensional guillotine cutting problems.	Yanasse e Morabito (2008)
S23	Genetic annealing algorithm for cutting stock problem in furniture industry	Yue e Gao (2009)
S24	Integrated profile selecting and cutting problem in SMEs environment.	Dong e Tang (2009)
S25	Sequence based heuristics for two-dimensional bin packing	Alvelos, Chan, Vilaça, Gomes,

	problems	Silva e Carvalho (2009)
S26	Arc-flow model for the two-dimensional guillotine cutting stock problem	Macedo, Alves e Carvalho (2010)
S27	An integer programming model for two- and three-stage two-dimensional cutting stock problems	Silva, Alvelos e Valério de Carvalho (2010)
S28	Scheduling production for a sawmill: a comparison of a mathematical model versus a heuristic	Maturana, Pizani e Vera (2010)
S29	A linear optimization approach to the combined production planning model	Gramani, França e Arenales (2011)
S30	Heuristics With Stochastic Neighborhood Structures For Two-Dimensional Bin Packing And Cutting Stock Problems	Chan, Alvelos, Silva e Carvalho (2011)
S31	The Cutting Optimization of the CNC Bothway Panel Saw under the Technology Constraint	Ma e Yang (2011)
S32	An efficient model for the crosscut optimisation problem in a wood processing mill.	Fathi e Kianfar (2012)
S33	Optimization of sawing in wood transformation primary industries	Danwe, Bindzi e Mevaa (2012)
S34	Reducing the number of cuts in generating three-staged cutting patterns.	Cui e Huang (2012)
	Genotype–phenotype heuristic approaches for a cutting stock problem with circular patterns	Pradenas, Garcés, Parada e Ferland (2013)
S36	Sequential grouping heuristic for the two-dimensional cutting stock problem with pattern reduction.	Cui, Yang, Zhao, Tang e Yin (2013)
S37	The Integrated Lot Sizing and Cutting Stock Problem in a Furniture Factory	Vanzela, Rangel e Araujo (2013)
S38	A heuristic, dynamic programming-based approach for a two-dimensional cutting problem with defects	Afsharian, Niknejad e Wäscher (2014)
S39	Integrating two-dimensional cutting stock and lot-sizing problems.	Silva, Alvelos e Carvalho (2014)
S40	A heuristic approach to minimize the number of saw cycles in small-scale furniture factories	Toscano, Rangel e Yanasse (2015)
S41	An arc flow-based optimization approach for the two-stage guillotine strip cutting problem.	Mrad (2015)
S42	An Information System for the Cutting Stock Problem with Optimization of Retail Materials in Stock	Mendes, Fernandes e Pereira (2015)
S43	An Information System for the Furniture Industry to Optimize the Cutting Process and the Waste Generated	Oliveira, Gamboa e Fernandes (2016)
S44	Integer Linear Programming in Optimization of Waste After Cutting in the Furniture Manufacturing.	Kłosowski, Kozłowski e Gola (2017)
S45	Descent search approaches applied to the minimization of open stacks	Lima e Carvalho (2017)
S46	The integrated lot sizing and cutting stock problem with saw cycle constraints applied to furniture production.	Vanzela, Melega, Rangel e Araujo (2017)
S47	Classification and literature review of integrated lot-sizing and cutting stock problems	Melega, Araujo e Jans (2018)
S48	Effects of Full-size Panel Width on Cutting Yield of Wood-based Composites as Upholstery Furniture Frame Stocks	Konukcu e Zhang (2019)
S49	Integer Linear Programming Model and Algorithm to Integrate Heuristics Scheduling EDD, Inventory Control and Distribution	Moengin, Harahap, Adisuwiryo e A Fransiska

	Problems in a Modular Production System	(2019)
S50	A cutting stock problem in the wood products industry: a two-stage solution approach	Kokten e Sel (2020)