

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO**

MILTON WALKER

**APLICAÇÃO DA MODULARIZAÇÃO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA
INDÚSTRIA DE CALÇADOS: O CASO DO SETOR DE COSTURA**

**São Leopoldo
Ano 2024**

MILTON WALKER

APLICAÇÃO DA MODULARIZAÇÃO NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA
INDÚSTRIA DE CALÇADOS: O CASO DO SETOR DE COSTURA

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador(a):

Jose Antonio Valle Antunes Junior

São Leopoldo

2024

W178a

Walker, Milton.

Aplicação da modularização nos sistemas de produção da indústria de calçados : o caso do setor de costura / Milton Walker. – 2024.

138 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2024.

“Orientador(a): Jose Antonio Valle Antunes Junior”.

1. Modularização. 2. Calçados - Indústria. 3. Competitividade.
4. Estratégia de produção. I. Título.

CDU 658.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Amanda Schuster – CRB 10/2517)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a DEUS por me dar força e sabedoria para seguir em frente durante todo esse processo, obrigado meu Senhor!

Não poderia deixar de expressar aqui minha imensa gratidão à minha querida esposa Adriana, que esteve ao meu lado desde o início, me apoiando e incentivando a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis. Seu amor e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar aos estudos e alcançar esse objetivo. Às minhas filhas Luiza e Valentina, que compreenderam todo esse processo e me deram forças para continuar. Vocês são minha maior motivação e inspiração.

Aos meus pais Amilto e Maria, que sempre me incentivaram a estudar e a buscar meus sonhos, sou eternamente grato. Sem o apoio e o incentivo de vocês desde o início, eu não estaria aqui hoje, celebrando a conclusão deste mestrado.

Não posso deixar de agradecer aos meus professores, que foram fundamentais para o meu crescimento profissional e acadêmico. Em especial, ao meu orientador, o Dr. Junico Antunes, pelas orientações precisas e pelo apoio constante ao longo desses dois anos.

Também não posso deixar de mencionar meus colegas de firma, que aturaram minha ausência e compreenderam minhas limitações durante esses dois anos. Sua compreensão e apoio foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Em especial, ao meu Diretor, Rosnaldo, que sempre me deu direcionamento e suporte para conciliar o trabalho e os estudos.

Este mestrado foi um grande desafio em minha vida, mas com a ajuda de todas essas pessoas que mencionei e muitas outras que torceram por mim, consegui superá-lo com sucesso. Estou feliz e grato por alcançar esse objetivo e por ter a oportunidade de evoluir profissionalmente.

Mais uma vez, obrigado a todos que estiveram ao meu lado nessa jornada. Com certeza, essa conquista não seria possível sem o apoio e incentivo de vocês.

Que possamos seguir juntos em novas conquistas e desafios.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo." Nelson Mandela (1918-2013)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo da Produção do calçado – Delimitação do Trabalho	21
Figura 2: a) diferentes opções de montagem de um prisma modular b) três padrões de montagem	30
Figura 3: Exemplos de Computadores de Arquitetura Integral e Modular	31
Figura 4: Associação de conceitos relacionados a modularidade	33
Figura 5: Modelo simples da DSM com realinhamento	35
Figura 6: Exemplo de matriz MIM.....	37
Figura 7: Três Heurísticas	38
Figura 8: Método Design for Variety, Martin e Ishii (2002).	39
Figura 9: Organização das matrizes do método HOME	40
Figura 10: Etapas da Design Science Research	47
Figura 11: Etapas do método de trabalho	49
Figura 12: Modelo simplificado representando a alteração da estratégia de negócios e produção na empresa pesquisada	54
Figura 13: Estratégia de produção da Empresa Pesquisada	55
Figura 14: Fluxo do trabalho no cenário inicial	57
Figura 15: Método proposto M0	61
Figura 16: Escopo do método M0	62
Figura 17: Treinamento conceitual método de modularização	63
Figura 18: Comparativo dos processos sem modularização x modularizado.....	66
Figura 19: Fluxo do trabalho no cenário proposto – Corte e Costura.....	68
Figura 20: Processo de costura em máquina programada.....	69
Figura 21: Método proposto M1	77
Figura 22: Máquina de Alta Frequência	79
Figura 23: Processo de preparação das peças nos moldes.....	81
Figura 24: Processo de posicionamento das peças em gabaritos de precisão	82
Figura 25: Processo de posicionamento das peças em alta-frequência	82
Figura 26: Classificação de Produtos esportivos - A, C e E	86
Figura 27: Classificação de produtos esportivos - B e D.....	87
Figura 28: Visão de Fluxo - Mecanismo da função produção (MFP).....	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo de ciclo médio do método de cenário inicial	59
Gráfico 2: Eficiência Global do Posto de Trabalho (<i>OEE</i>)	80
Gráfico 3: Comparação dos tempos de ciclo: método usual e modularizado	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Plano de Modularização da Hyundai Motor Company (2001-2006)	25
Quadro 2: Definições conceituais de modularização.....	28
Quadro 3: Métodos para modularização encontrados na literatura	34
Quadro 4: Principais resultados após implantação do método	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de Produtos x Quantidade de Processos	56
Tabela 2: Descrição do processo cenário inicial	58
Tabela 3: Análise do ciclo 80/20.....	65
Tabela 4: Custo do gabarito para costura programada	70
Tabela 5: Framework - Fases de Implantação do Projeto de Modularização - M0..	72
Tabela 6: Análise entre os dois processos	74
Tabela 7: Classificação de Produtos x Quantidade de Processos, método modularizado.....	78
Tabela 8: <i>Framework</i> – Fases de Implantação do Projeto de Modularização - M1.	83
Tabela 9: Análise comparativa na Costura utilizando o Método Convencional, o Método Modularizado	88
Tabela 10: Cálculo do <i>Payback</i> do projeto de modularização de processo – M1 ...	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABICALÇADOS	Associação Brasileira das Indústrias de Calçados
CI	<i>Coupling Index</i>
CM	Customização em Massa
CNC	Comando Numérico Computadorizado
FDA	<i>Design for Assembly</i>
FBL	<i>Flexible Body Line</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DFV	<i>Design for Variety</i>
DSM	<i>Design Schucture Matrix</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
FLB	<i>Fuzay Logic Based</i>
GVI	<i>Generational Variety Index</i>
HOME	<i>House Of Modular Enhancement</i>
MED	Modularidade em <i>Design</i>
MEP	Modularidade em Produção
MEU	Modularidade em Uso
MH	Método Heurístico
MIM	<i>Modular Information Matrix</i>
MFD	<i>Modular Function Deployment</i>
NIR	<i>Near InfraRed</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
QFD	<i>Quality Function Deploymend</i>
RAM	<i>Radial Axis Method</i>
TEEP	<i>Total Effectiveness Equipment Performance</i>
TRM	<i>Technology Road Map</i>

RESUMO

A indústria calçadista enfrenta o desafio de lidar com uma grande variedade de produtos e produção em pequenos lotes, o que pode gerar ineficiência e custos elevados. Para solucionar esse problema, a aplicação da modularização de processos tem se mostrado uma alternativa viável. A estratégia da modularização pode proporcionar diversos benefícios às empresas, como oferecer maior flexibilidade, agilidade e eficiência no sistema produtivo, o que tende a permitir que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças dos produtos demandados do mercado. Neste contexto, a pesquisa propôs um novo método de manufatura, baseado nos princípios de modularização, considerando a melhor utilização dos ativos de capital e de conhecimento da empresa. No intuito de atingir os objetivos declarados, foi aplicado o novo método, com passos lógicos para o equacionamento do problema, baseado no princípio da modularização de processos em um ambiente real. Na metodologia Design Science Research (DSR), utilizada para o desenvolvimento do método, foram mensuradas uma redução de 6% no custo de produção e uma redução de 47,5% no tempo de ciclo do processo, entre o processo atual e o proposto. Como contribuição, o estudo propõe a aplicação da modularização do processo com o intuito de reduzir a complexidade dos processos produtivos no sistema produtivo da fábrica. Finalmente, é possível sugerir que o método proposto pode ser útil para a solução de casos similares ao estudado, tanto em empresas da indústria de calçados quanto de têxteis.

Palavras-chave: Modularização; Indústria Calçadista; Competitividade; Estratégia de Produção.

ABSTRACT

The footwear industry faces the challenge of dealing with a wide variety of products and production in small batches, which can lead to inefficiency and high costs. To solve this problem, the application of process modularization has proven to be a viable alternative. The modularization strategy can provide companies with various benefits, such as greater flexibility, agility and efficiency in the production system, which tends to allow companies to adapt quickly to changes in the products demanded by the market. In this context, the research proposed a new manufacturing method, based on the principles of modularization, considering the best use of the company's capital and knowledge assets. In order to achieve the stated objectives, the new method was applied, with logical steps to solve the problem, based on the principle of process modularization in a real environment. In the Design Science Research (DSR) methodology used to develop the method, a 6% reduction in production costs and a 47.5% reduction in process cycle time were measured between the current process and the proposed one. As a contribution, the study proposes the application of process modularization in order to reduce the complexity of production processes in the factory's production system. Finally, it is possible to suggest that the proposed method could be useful for solving cases similar to the one studied, both in companies in the footwear and textile industries.

Keywords: *Modularization; Footwear Industry; Competitiveness; Production Strategy.*

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Considerações Iniciais	13
1.2	Problema de Pesquisa	16
1.3	Objetivos da pesquisa	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	Justificativa da Dissertação	17
1.4.1	Justificativa Acadêmica	17
1.4.2	Justificativa Empresarial	18
1.5	Delimitações	21
1.6	Estrutura do trabalho	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Modularização	23
2.2	Modularidade em <i>Design</i> (MED)	24
2.3	Modularidade em Produção (MEP)	26
2.4	Modularidade em Uso (MEU)	27
2.5	Terminologias associadas a Modularização	28
2.6	Métodos para modularização no produto	33
2.6.1	<i>Design Structure Matrix (DSM)</i>	34
2.6.2	<i>Modular Function Deployment (MFD)</i>	36
2.6.3	Método Heurístico	37
2.6.4	Modelo <i>Design For Variety (DFV)</i>	38
2.6.5	Modelo <i>House Of Modular Enhancement (HOME)</i>	39
2.6.6	<i>Fuzzy Logic Based</i>	40
2.7	Modularização de processos	41
3	METODOLOGIA	44
3.1	Caraterização do tipo de pesquisa	44
3.2	Método científico - O <i>Design Science Research</i>	45
3.3	Método de trabalho	48
4	AMBIENTE DE PESQUISA	52
4.1	Considerações Iniciais;	52

4.2	Apresentação da empresa - Estratégia de Negócios e de Produção	53
4.3	Apresentação do Cenário Inicial do Sistema de Produção da Empresa e do Setor de Corte e Costura.....	56
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....	59
5.1	Considerações Iniciais;	59
5.2	Método - M0	60
5.2.1	Definição da equipe e nivelamento conceitual	61
5.2.2	Classificação dos Produtos	64
5.2.3	Classificação dos Processos.....	65
5.2.4	Definição do tipo de processo a ser modularizado.....	67
5.2.5	Implantação da modularização no processo de produção	72
5.2.6	Avaliação do resultado da aplicação do método M0	73
5.3	Método - M1	76
5.3.1	Definição do tipo de processo a ser modularizado método M1 ..	77
5.3.2	Implantação da modularização no processo de produção M1 ...	83
5.3.3	Avaliação do resultado da aplicação do método M1 aplicado em ambiente empresarial.....	87
6	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	91
6.1	Conclusões.....	91
6.2	Limitações da pesquisa	98
6.3	Sugestões e recomendações para trabalhos futuros	99
	REFERÊNCIAS	100
	ANEXOS.....	107

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, serão feitas as considerações iniciais. Em seguida, serão abordados o problema de pesquisa e os objetivos geral e específicos. Posteriormente, serão apresentadas as justificativas acadêmicas e empresariais que sustentam a presente dissertação. Por fim, serão expostas as delimitações e a estrutura do presente trabalho.

1.1 Considerações Iniciais

O mercado internacional e nacional, aqui entendido como composto por produtos, geografia e renda, está exigindo cada vez mais das empresas industriais. Neste contexto, as empresas necessitam disputar este mercado, implicando em um aprimoramento contínuo de seus sistemas produtivos, objetivando melhorar o seu desempenho econômico-financeiro e, portanto, a sua competitividade. Dessa forma, as organizações buscam desenvolver e aplicar modernos princípios, métodos e técnicas de produção para se diferenciarem das demais e obterem uma vantagem competitiva sobre a concorrência (Shan *et al.*, 2020).

Devido a esse acirramento da competição, o desafio enfrentado por diversas empresas é encontrar o equilíbrio entre ampliar a diversidade de produtos oferecidos ao mercado e, ao mesmo tempo, manter a menor variedade possível de componentes e módulos, visando obter a maior escala possível (Rainatto; Andrade; 2021). O fato é que as condições de competição do mercado que levam ao aumento da variedade de produtos, bem como a redução do ciclo de vida dos mesmos, acarretam um aumento da complexidade interna no processo de desenvolvimento de novos produtos e serviços e também no atendimento do mercado pelo sistema de produção (Schuh *et al.*, 2022). Diante dessa situação, o aumento da complexidade no desenvolvimento de produtos e a demanda por uma maior variedade pressionam a empresa a desenvolver estratégias para mitigar ou eliminar esses problemas (Shamsuzzoha *et al.*, 2021).

Entre as diversas técnicas aplicadas pelas organizações de manufatura para reduzir a complexidade e obter vantagem competitiva, destaca-se a modularização. Essa abordagem está presente, principalmente, nos setores/indústrias onde há uma

elevada complexidade no produto, juntamente com a exigência por parte dos consumidores (Seyoum; Yunshan; 2018).

A primeira menção do processo de modularização foi feita na literatura de forma seminal por Star (1965). O objetivo perseguido consistia em desenvolver arquiteturas de produto que continham unidades físicas destacáveis, visando permitir que estas pudessem ser utilizadas em variações de um produto ou em linhas de produtos diferentes. A montagem modular contribui para o aumento da flexibilidade, aumenta a velocidade de resposta ao mercado e promove redução de custos (Seyoum 2021).

Desde que foi introduzida na década de 60, a modularização tem se destacado tanto na área acadêmica quanto nas empresas de diferentes indústrias. Os benefícios que a modularização pode conceder a uma organização estão relacionados à divisão dos produtos em módulos que podem ser combinados de diferentes formas para atender às demandas do mercado. Logo, métodos e ferramentas são propostos para auxiliar no processo de modularização. Todos esses métodos visam agrupar componentes em módulos, porém, cada um foi desenvolvido a partir de um ponto de vista diferente (Da Rocha *et al.* 2022).

O presente trabalho apoia-se sobre o tema da modularização, com foco direcionado ao debate que propõe olhar diretamente para o processo industrial, sem diminuir a atenção devida à engenharia de projetos e de produtos.

A questão de pesquisa que aborda esta pesquisa é: "Como a modularização de processos pode ser aplicada em empresas da indústria calçadista, caracterizada pela alta variedade de produtos e pequenos lotes de fabricação?" Relaciona-se com a adoção dos conceitos de modularização, considerando uma proposta que visa fixar o processo em torno de menos variáveis, visando medir a adesão dos diferentes projetos ao tipo de processo proposto.

O estudo se desenvolve na indústria calçadista. A indústria calçadista brasileira encontra-se organizada em um modelo de arranjo produtivo complexo, conhecido na literatura como *cluster*, caracterizado por apresentar facilidade de acesso aos insumos, tecnologia e mão de obra em um determinado espaço regional devidamente localizado. O conceito de *clusters* foi introduzido seminal e popularizado por Porter (1998). O autor define os *clusters* como concentrações geográficas de empresas e instituições interconectadas. Englobam uma diversidade

de indústrias e entidades ligadas entre si, incluindo, por exemplo, fornecedores de insumos especializados, como componentes, máquinas e serviços, além de fornecedores de infraestrutura especializada. A principal inspiração na análise de arranjos produtivos complexos, chamados de *clusters*, está relacionada com a experiência europeia, principalmente no modelo de distritos industriais italianos (Martiniano *et al.*, 2023).

A indústria calçadista brasileira se desenvolveu ao longo dos anos cercada de avanços e retrocessos. Segundo Pereira *et al.* (2009), as empresas calçadistas brasileiras se desenvolveram em um ambiente de competição baseada na produção por preço baixo, ou seja, tendo como referência a dimensão competitiva de custos. Porém, ao longo da década de 1990, as dimensões competitivas sofreram alterações, enquanto se tornou necessário estabelecer vantagem sobre competidores internacionais, fator potencializado com o avanço dos competidores asiáticos. Neste contexto, além da dimensão competitiva de custos, foi necessário adicionar outras dimensões competitivas tais como qualidade, flexibilidade e inovação. O Brasil, que ocupava a terceira posição entre os maiores produtores mundiais de calçados em 2011, defende atualmente a quinta posição neste ranking, com cerca de 734 milhões de pares produzidos em 2020. China, Índia, Vietnã e Indonésia produzem aproximadamente 76% da produção mundial de calçados (ABICALÇADOS, 2023).

Nos estudos de Pereira *et al.* (2009), foi evidenciada a diminuição da importância relativa de dimensões competitivas ligadas à produção de itens com proposta de preço baixo, bem como da dependência de elevada escala de produção. As empresas passam a lidar com uma diversidade de produtos e processos, necessitando operar com volumes baixos de produção. Cresce, então, a importância das dimensões competitivas: velocidade (tempo de atravessamento), flexibilidade de volume e de mix e inovação.

Considerando o contexto da indústria, que avança para um modelo de negócio que se articula para encontrar outras formas de competição, desgarrando-se da proposta de competição por custo baixo, a modularização focada em processos surge como alternativa para a convivência com elevados níveis de diversidade de produtos, baixa escala unitária de produção, além do ciclo de vida curto de produto e processo, característicos de indústrias como a calçadista e a têxtil.

1.2 Problema de Pesquisa

Tendo em vista a exposição feita na seção anterior, a presente pesquisa visa responder à seguinte questão: “Como a modularização de processos pode ser aplicada em empresas da indústria calçadista, caracterizada pela alta variedade de produtos e pequenos lotes de fabricação?”

1.3 Objetivos da pesquisa

São os seguintes o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho consiste em aplicar um novo método para o desenvolvimento e aplicação de modularização de processos para empresas da indústria calçadista.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para responder ao objetivo geral deste trabalho, serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos/operativos:

i) identificar uma sequência de etapas baseadas em conhecimentos teóricos e práticos, organizadas de maneira que, ao serem seguidas, constituam um procedimento para implementar a estratégia de modularização.

ii) aplicar e avaliar os resultados do método de modularização de processo proposto, verificando a aplicabilidade do mesmo em ambiente fabril de alta variedade de produtos e pequenos lotes, característica de empresas da indústria de calçados.

1.4 Justificativa da Dissertação

Na sequência são apresentadas as justificativas acadêmica e empresarial da presente pesquisa.

1.4.1 Justificativa Acadêmica

O tema da modularização despertou grande interesse no meio acadêmico, com destaque para a área de modularidade de produto, tendo um amplo crescimento em termos de estudos e investigações (Martens *et al.*, 2023). A literatura em geral aponta vários benefícios em relação à modularização (Seyoum, 2021). A diminuição do tempo para o mercado “*time to market*” e a redução da diversidade são os principais benefícios, gerando impactos sistêmicos nas organizações.

A modularização é apontada na literatura como uma importante estratégia para o desenvolvimento de produtos complexos e projetos customizados (Li *et al.*, 2021), como a indústria têxtil e calçadista.

O processo de modularização é uma das principais soluções para viabilizar a customização em massa (CM), permitindo a produção de produtos exclusivos de forma rentável através da obtenção de economias relacionadas ao volume. Esse processo envolve o projeto modular do produto, o projeto de processo modular e o processo de distribuição oportuno, flexível e barato. Além disso, a modularização consiste no método de projeto onde o produto é montado a partir de um conjunto de partes constituintes padronizadas. Isso traz uma variedade de benefícios para as organizações, como rapidez no desenvolvimento de produtos, diminuição de custos e flexibilidade na reutilização de componentes. Existem diferentes tipos de modularidade que podem ser aplicados, como o compartilhamento de componentes e a troca de componentes (Dupont, 2021).

Considerando que os produtos têm ciclos de vida cada vez mais curtos e que o mercado demanda uma maior variedade, torna-se crucial aprimorar o processo de concepção dos produtos para garantir a sobrevivência das organizações. Nesse contexto, a modularização, aliada à customização em massa, tem sido amplamente aceita por possibilitar a redução do tempo de lançamento dos produtos. Através da decomposição de itens complexos em módulos mais simples, a estratégia modular

permite o desenvolvimento independente de cada parte do produto. Com a implementação dessa tecnologia, é possível alcançar economia de escala por meio do compartilhamento de módulos similares entre os diferentes produtos do portfólio da empresa (Sgarabotto, 2016).

O tema da modularização tem sido extensivamente estudado no Brasil. No entanto, é importante ressaltar que, apesar de que quase na sua totalidade, os trabalhos se referirem à modularização de produtos, há uma carência de publicações acadêmicas sobre a modularização de processos. No cenário acadêmico brasileiro, é evidente o interesse e a importância da modularização, dada a crescente demanda por soluções eficientes e sustentáveis. A modularização de processos é um tema relevante no âmbito acadêmico. No entanto, infelizmente, presenciamos uma grande lacuna na publicação de trabalhos que abordem esse assunto. Essa falta de divulgação e discussão acerca da modularização de processos é preocupante, por limitar o acesso a informações e conhecimentos essenciais para a evolução e aprimoramento dessa área. Além disso, a divulgação dessas pesquisas auxilia na disseminação de boas práticas e no desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios enfrentados na modularização de processos.

Neste contexto, parece ser relevante o presente estudo com o intuito de contribuir para a academia, uma vez que não foram encontrados registros de estudos nas bases de dados pesquisadas. Falando sobre o tema da modularização do processo na indústria do calçado, também há uma ampla possibilidade de utilização da modularização.

1.4.2 Justificativa Empresarial

De forma abrangente, constata-se que o mercado global e local exige cada vez mais das indústrias. Com isso, as empresas competem por participação no mercado, estimulando-as a aperfeiçoarem-se continuamente em busca de maior eficiência em seus sistemas produtivos. Assim, elas buscam implementar princípios, métodos e técnicas de produção modernas para se destacarem e alcançarem uma vantagem competitiva sobre os concorrentes (Shan *et al.*, 2020). Trata-se de pensar os sistemas de produção como "armas competitivas" (Skinner, 1969). A modularização de produtos e processos insere-se neste contexto competitivo. De

forma genérica, é possível dizer que a implantação do método de modularização em uma empresa pode trazer as seguintes vantagens econômicas (Choi *et al.*, 2019):

- Projetar apenas uma vez e reutilizar várias vezes: com a modularização, é possível projetar componentes ou módulos que podem ser utilizados em diferentes produtos. Isso significa que, ao invés de projetar cada produto do zero, a empresa pode utilizar módulos já existentes, economizando tempo e recursos no processo de *design*.
- Benefícios da curva de aprendizado na fabricação: ao produzir um mesmo módulo várias vezes, a empresa adquire experiência e conhecimento sobre sua produção, resultando em uma curva de aprendizado. Com isso, é possível aprimorar os processos produtivos, reduzir o tempo de produção e minimizar o desperdício de materiais, gerando economia de custos.
- Economia de custos com gerenciamento de materiais de construção: com a modularização, é possível padronizar os materiais utilizados nos módulos, facilitando o gerenciamento e controle dos estoques. Além disso, a compra de materiais em maior quantidade para a produção em série pode gerar descontos e reduzir custos.
- Aumento da produtividade: com a modularização, é possível produzir em paralelo diferentes módulos, aumentando a produtividade e reduz o tempo de produção. Isso resulta em uma maior oferta de produtos no mercado e, conseqüentemente, em um aumento das vendas e lucratividade da empresa.

Em resumo, a implantação do método de modularização em uma empresa pode trazer uma série de vantagens econômicas, contribuindo para o aumento da competitividade e da rentabilidade da empresa no mercado. Além disso, a modernização dos processos produtivos também pode atrair novos clientes e investidores, fortalecendo a posição da empresa no mercado (Choi *et al.*, 2019).

De outra parte, observando a realidade brasileira, é possível afirmar que os custos associados com o pessoal estão aumentando ao longo dos últimos anos. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 2015 e 2023, os custos com pessoal na indústria brasileira aumentaram

consideravelmente. Em 2010, os custos com salários, encargos sociais e benefícios representavam 22,7% do valor da produção da indústria. Já em 2020, esse percentual subiu para 28,7%, ou seja, um aumento de 6 pontos percentuais em apenas 10 anos.

Além disso, um estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em 2019 mostrou que os custos com mão de obra no Brasil são mais altos do que em países como China, México e Coreia do Sul. Em média, o custo da mão de obra no Brasil é 52,5% maior do que na China, 35,5% maior do que no México e 25% maior do que na Coreia do Sul. Este é um ponto muito relevante para empresas que atuam em indústrias com uso intensivo de mão de obra, como as indústrias de calçados e têxteis. Por outro lado, o aumento da competição, além do foco principal nos custos de pessoal, ressalta a importância de atender outras dimensões competitivas, como inovação, velocidade e qualidade (Goldenstein, 2022).

Neste contexto, o desenvolvimento sistemático de novos produtos torna-se um fator crucial para a sobrevivência das empresas, tanto no mercado nacional quanto internacional (Severo *et al.*, 2020). Neste contexto econômico e com esta lógica de competição, a adoção da estratégia de modularização torna-se substancialmente relevante em mercados caracterizados por escalas que não são elevadas e alta diversidade, características que tornam o projeto de sistemas de produção e manufatura cada vez mais complexo. A modularização de produto e de processo trabalha no sentido da simplificação do projeto dos produtos e dos sistemas produtivos, tendo a capacidade de contribuir significativamente para atender a esses mercados supracitados. Além disso, pode ser associada a outros princípios, métodos e técnicas que contribuem no sentido da simplificação, como o Sistema Toyota de Produção e a Teoria das Restrições.

O tema tratado nesta dissertação é um exemplo deste tipo de contexto competitivo. A empresa onde o método desenvolvido e aplicado apresenta um portfólio de 40 linhas de produtos, segmentadas em um mix de 220 produtos, divididos em cinco categorias: tênis, casuais, sapatilhas, sandálias e botas. A complexidade de produção é refletida nos chamados "custos de complexidade", nos seus indicadores operacionais, nos custos de estoques, na baixa capacidade de negociação de compras com os fornecedores, devido à alta diversidade e aos baixos lotes de fabricação adotados. Além disso, é importante destacar que o tipo de

solução proposta, com as devidas alterações em contextos específicos, pode contribuir em muitas empresas que atuam em situação similar à empresa que serviu de laboratório para o desenvolvimento do método proposto.

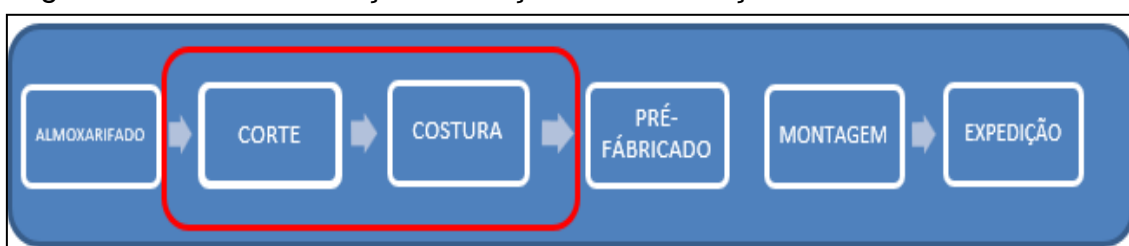
Em resumo, pretende-se reduzir a dependência de mão de obra especializada, diminuir o tempo de produção, aumentar os níveis de especificação (qualidade), diminuir os custos associados à complexidade e, ao mesmo tempo, atender os mercados, tornando-se assim mais competitivo, por meio da adoção de um novo método que envolve projeto e processo (modularização). Ou seja, a estratégia de produção utilizada é relevante para a competitividade da empresa, que lida e continuará lidando com altos níveis de diversidade de produtos, produção em pequena escala, além de ter um ciclo de vida curto do produto e do processo.

1.5 Delimitações

A delimitação pode ser definida como uma cerca imaginária do que “será” e o que “não será” tratado no trabalho.

O presente estudo tem como foco central nas empresas que atuam na indústria de calçados. Mais especificamente, serão considerados os setores de corte e costura, Figura 1.

Figura 1: Fluxo da Produção do calçado – Delimitação do Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Importante destacar que esta pesquisa, delimitada como mostrado na Figura 1, apresenta um potencial de ampliação para empresas de outras indústrias, como a têxtil. Isso é justificado pelo fato de que as empresas da indústria têxtil apresentam similaridades, uma vez que estudos mostram que tanto o setor calçadista quanto o têxtil buscam desenvolver marca e *design*, além de competir com baixa escala unitária de produtos e elevada diversidade de processos (Nicoletti, 2019).

Do ponto de vista teórico, fica claro que o tema em questão está diretamente relacionado à modularização de processos. Em outras palavras, não abordaremos aspectos relacionados à potencialidade de modularização de produtos.

1.6 Estrutura do trabalho

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos, cada um deles com assuntos descritos a seguir:

No capítulo 1, a introdução, são apresentadas as considerações iniciais, o problema de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, a justificativa teórica e empresarial, as delimitações e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2, é tratada a fundamentação teórica que embasa a pesquisa. Neste capítulo, serão abordados os principais conceitos relacionados ao tema da modularização. O referencial é composto pelos seguintes tópicos: i) conceitos existentes na literatura: modularização, tipos de modularização para projeto, modularização na produção e modularização para uso; ii) as terminologias associadas à modularização: modularização, módulo, *interfaces*, arquitetura, modular e modularidade, os métodos para modularização, DSM, MFD, HM, DfV, HOME, FLB e a modularização de processos.

No capítulo 3, é inicialmente apresentado e justificado o método científico, o *Design Science Research*. Em seguida, é apresentado o método de trabalho, ou seja, os passos lógicos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

No capítulo 4, são apresentados aspectos relevantes da empresa onde o trabalho foi desenvolvido, estratégias de negócios e de produção.

No capítulo 5, é apresentado o desenvolvimento do método proposto, método M0 e método M1.

No capítulo 6, é apresentado a conclusão, limitações da pesquisa e sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos relacionados à construção do método proposto neste trabalho. O referencial teórico utilizado para a realização da pesquisa abrange a modularização e os diferentes tipos existentes.

2.1 Modularização

A modularização é uma estratégia que permite a divisão de um sistema complexo em módulos menores e independentes. Esses módulos são unidades funcionais que possuem uma tarefa específica e podem ser combinados para compor o sistema completo (Li *et al.*, 2021).

O objetivo da modularização é facilitar o desenvolvimento, a manutenção e a evolução do sistema de produtos e de fabricação. Isso é possível porque, ao dividir o sistema em módulos, torna-se mais fácil identificar e corrigir possíveis erros, além de permitir que diferentes equipes trabalhem em módulos diferentes ao mesmo tempo (Rossi *et al.*, 2019). Além disso, a modularização permite a reutilização, pois módulos semelhantes podem ser utilizados em diferentes sistemas. Isso contribui para a redução de custos e do tempo de desenvolvimento dos produtos.

Outro aspecto importante da modularização é a sua capacidade de tornar o sistema mais flexível e escalável. Como os módulos são independentes, é possível adicionar, remover ou alterar um módulo sem afetar os demais, facilitando a adaptação do sistema a novas demandas e tecnologias (Roth, 2021).

Para garantir a eficiência da modularização, é importante que os módulos sejam bem definidos e possuam baixa dificuldade de acoplamento e alta coesão. Isso significa que os módulos devem ser autônomos e possuir poucas dependências entre si, além de serem coesos, ou seja, terem uma única responsabilidade bem definida. A modularização é uma estratégia de organização de sistemas que visa torná-los mais eficientes, flexíveis e fáceis de gerenciar (Micheli *et al.*, 2019).

A modularização pode ser realizada de múltiplas formas. Nesta dissertação, serão destacadas três formas de modularização que serão detalhadas a seguir, a saber: i) modularização para *design*; ii) modularização na produção; e iii) modularização para uso (Rossi *et al.*, 2019).

2.2 Modularidade em *Design* (MED)

A modularização em *design* é o tipo mais comum e aplicada durante a fase de planejamento de um sistema ou produto. Nesse tipo de modularização, o sistema é dividido em módulos que representam as diferentes funcionalidades do produto. Isso significa que cada módulo pode ser projetado, produzido e atualizado separadamente, sem afetar o funcionamento dos outros módulos ou do produto na totalidade (Lima *et al.*, 2022).

Um produto modular é composto por um conjunto de módulos, que podem ser peças, componentes, subsistemas ou até mesmo produtos completos. Cada módulo possui uma função específica e pode ser facilmente substituído ou atualizado sem afetar os outros módulos (Bonvoisin; Stark; 2016). Isso significa que, em caso de falhas ou mudanças no *design*, é possível substituir apenas o módulo afetado, sem a necessidade de modificar todo o produto.

Além disso, a modularidade de *design* também permite que diferentes módulos sejam combinados para criar novos produtos ou variações do mesmo produto. Isso possibilita uma maior diversificação da linha de produtos e uma rápida resposta às demandas do mercado (Valter *et al.*, 2019).

Um exemplo clássico de modularidade em *design* está associado à indústria automobilística. Os carros são compostos por diversos módulos, como motor, transmissão, suspensão, carroceria, entre outros. Cada um desses módulos pode ser produzido separadamente e, posteriormente, montado para formar o carro final. Além disso, é possível adicionar ou remover módulos para criar diferentes modelos de carros (Seyoum, 2021).

No final da década de 1990, a *Hyundai* alcançou o nível de economia de escala, produzindo cerca de 2 milhões de unidades anualmente. Entretanto, o modelo taylorista-fordista de fabricação da empresa foi limitado pela maturidade da produção em massa. A administração, então, viu-se desafiada a encontrar meios de aumentar a produtividade de seus trabalhadores, reduzir custos, melhorar o controle de qualidade e, principalmente, desenvolver sistemas de produção mais flexíveis (Jo, 2023). Após recuperar-se da crise econômica de 1997–1998, a *Hyundai* iniciou esforços para desenvolver um modelo de produção único para seus automóveis. Com a indústria naval sendo um dos seus principais negócios, buscou inspiração no

sistema construtivo naval para, por meio da modularização, construir seus veículos (Jo, 2023), *Flexible Body Line*.

A introdução da FBL — *Flexible Body Line* (linhas de chassis flexíveis) foi um dos destaques nos esforços de engenharia (Nunes, *et al.* 2017). Esta estratégia permitiu a montagem de até quatro veículos com características diferentes em uma mesma plataforma, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1: Plano de Modularização da *Hyundai Motor Company* (2001-2006)

Módulos/Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Interno	<i>Design</i> de módulo e produção de peças			Produção de módulos integrados		
Chassis	Montagem Simples	<i>Design</i> de módulo e produção de peças		Produção de módulos integrados		
Frontal			<i>Design</i> de módulo e produção de peças		Produção de módulos integrados	

Fonte: Adaptado de Nunes, Fabiano *et al.* (2017).

Além disso, o processo de modularização do *cockpit* e dos demais elementos da carroceria também foi desenvolvido. O Plano de Modularização da *Hyundai* contribui significativamente para a competitividade da empresa nos últimos anos.

Adicionalmente, a modularidade de *design* é benéfica para o sistema de produção, pois permite a utilização de máquinas e ferramentas específicas para cada módulo, resultando em maior eficiência e redução dos custos de fabricação. Além disso, a produção em módulos facilita a montagem do produto final, diminuindo o tempo de produção, os tempos de atravessamento e melhorando a qualidade do produto (Vickery *et al.*, 2016).

Em resumo, a modularidade de *design* é um conceito fundamental para a criação de produtos mais versáteis, adaptáveis e eficientes, que atendam às necessidades dos clientes e do mercado de forma rápida e econômica (Sun, 2020). Portanto, ela é uma estratégia essencial para empresas que buscam inovação e competitividade no mercado atual.

2.3 Modularidade em Produção (MEP)

A modularização na produção é aplicada durante o processo de fabricação de um produto. Nesse tipo de modularização, os módulos projetados na fase anterior são produzidos separadamente, em linhas de produção distintas. Posteriormente, são montados para formar o produto final. Isso permite uma maior flexibilidade nos sistemas de produção, pois cada módulo pode ser produzido em grande escala e utilizado em diferentes produtos. Além disso, em caso de falhas em algum módulo, é possível substituí-lo sem ter que descartar todo o produto (Persson *et al.*, 2016).

Por exemplo, as montadoras produzem os componentes de um automóvel em diferentes locais e, posteriormente, os reúnem para a montagem final. Para que isso seja possível, é necessário que cada peça seja detalhadamente projetada, pois servirá como referência para o sistema de produção, permitindo que o processo seja dividido entre várias fábricas ou terceirizado para outros fornecedores. Esses fornecedores podem experimentar processos de produção ou logística, mas normalmente não contribuem para o projeto dos componentes (Forti, 2023).

A modularização na produção não é um conceito novo. Observou-se a utilização dela nos primórdios da indústria automotiva, como no modelo T criado por Henry Ford, e posteriormente no modelo Fusca da Volkswagen. Nota-se que, em um contexto de economia globalizada, as indústrias de forma geral, incluindo as calçadistas, buscam incorporar práticas que visam racionalizar e reduzir custos, intensificando processos diversos, como a modularização na produção (Zhang, 2022).

A fábrica de caminhões da Volkswagen no Brasil, que teve seu encerramento decretado ao fim da *Joint Venture* (JV) entre Ford e VW no Brasil e Argentina (Autolatina), foi reativada com base em um projeto que previa a modularização dos projetos/produtos fabricados e a implantação de uma fábrica em modelo de consórcio modular. Nesse modelo, os fornecedores de primeiro nível trabalhariam integrados sob orientação e coordenação da Volkswagen, sendo eles próprios responsáveis por suas atividades de montagem e qualidade na planta. A construção da fábrica foi realizada em tempo recorde e inaugurada em novembro de 1996, mostrando que o desenvolvimento dos conceitos de modularização, implantados

junto à engenharia de produto, avançou para instalações no Brasil. (Abreu *et al.*, 2006).

2.4 Modularidade em Uso (MEU)

A modularização para uso é uma técnica de decomposição de um sistema em partes menores e mais gerenciáveis, os quais são chamadas de módulos. Cada módulo possui uma função específica e pode ser desenvolvido de forma independente, mas ainda assim se integra ao sistema na totalidade (Micheli *et al.*, 2019). Isso permite que diferentes equipes trabalhem em módulos diferentes simultaneamente, aumentando a eficiência e a produtividade.

Com a modularização para uso, é possível obter um cenário altamente flexível, viabilizando uma ampla gama de produtos, por meio de respostas rápidas às mudanças nos hábitos de consumo e necessidades dos clientes. Neste contexto, de acordo com (Kuhl *et al.*, 2019), a modularização é empregada como estratégia para diferenciar os produtos e permitir a customização. Além disso, oferece outras vantagens, como a redução de custos e dos impactos ambientais, uma vez que a produção é personalizada e inicia-se somente após o entendimento e mapeamento dos desejos dos consumidores.

A modularização para uso é aplicada quando o produto final é utilizado pelo consumidor. Nesse tipo de modularização, o sistema é dividido em módulos que podem ser facilmente substituídos ou atualizados pelo próprio usuário. Um exemplo comum desse tipo de modularização são os *smartphones*, que possuem módulos como câmera, bateria e tela que podem ser substituídos pelo usuário em caso de defeitos ou para atualização do produto, (Schischke *et al.*, 2019).

Em resumo, a modularização permite uma maior flexibilidade e escalabilidade no desenvolvimento, produção e uso de um sistema ou produto. Ela facilita a manutenção e atualização, reduz os custos e aumenta a eficiência na produção. Além disso, a modularização também permite uma maior customização do produto final, atendendo às necessidades específicas de cada usuário (Rajala *et al.*, 2019).

2.5 Terminologias associadas a Modularização

De acordo com Starr (2011), a modularização é uma estratégia complexa e diversificada, resultando na falta de consenso sobre a definição dos termos utilizados. Na literatura, é possível encontrar diversos termos fundamentais para o entendimento da modularização, tais como modularização, módulo, *interfaces*, arquitetura modular e m...odularidade. No Quadro 2, proposto por Piran (2015), são apresentados os principais conceitos relacionados ao tema em questão.

Quadro 2: Definições conceituais de modularização

Termo	Definição
Modularização	É uma estratégia para gestão da variedade de produto e variabilidade de processos que pode ser implantada nas organizações.
Módulo	Bloco de construção funcional, que existe por uma ou mais razões estratégicas, e que possui interfaces padronizadas.
Variantes de módulo	Diferentes formas físicas de um módulo.
<i>Interfaces</i>	Elemento padronizado de interconexão entre módulos, que possibilita acoplamento, transferência de material, energia ou sinal.
Sistema Modular	Conjunto de módulos, interfaces e regras que permite a configuração de produtos.
Modularidade	Princípio de dividir um sistema complexo em partes menores e mais simples, chamadas de módulos, que podem ser desenvolvidas, testadas e mantidas de maneira independente.
Família de Produtos	Conjunto de configurações ofertadas ao mercado, provenientes do mesmo sistema modular.

Fonte: Adaptado de Piran (2015)

De acordo com o texto seminal de Parnas (1972), a modularização deve incluir decisões de projeto que devem ser tomadas antes de iniciar o trabalho nos módulos independentes. Essas decisões são variadas para cada alternativa, mas o objetivo é descrevê-las no nível do sistema, como, por exemplo, aquelas que podem afetar um módulo. A modularização pode ser entendida como um agrupamento e/ou encaixe de diferentes componentes em um módulo. É importante para o planejamento

estratégico da customização em massa, pois seus processos são fundamentais para a manufatura, permitindo aumentar a variedade dos produtos e atender às necessidades dos consumidores. A modularização pode ser definida como a capacidade de combinar e misturar componentes de produto em um *design* modular, onde as *interfaces* entre os componentes padrão são especificadas para permitir uma variedade de substituições na arquitetura do produto (Da Rocha *et al.*, 2022).

O termo "módulo" pode ser definido como uma unidade funcional que possui *interfaces* padronizadas para permitir sua combinação com outros módulos e compor produtos mais complexos (Efatmaneshnik *et al.*, 2018). Em outras palavras, um módulo é uma parte de um sistema maior que desempenha uma função específica e pode ser conectado a outras partes do sistema para formar um produto completo.

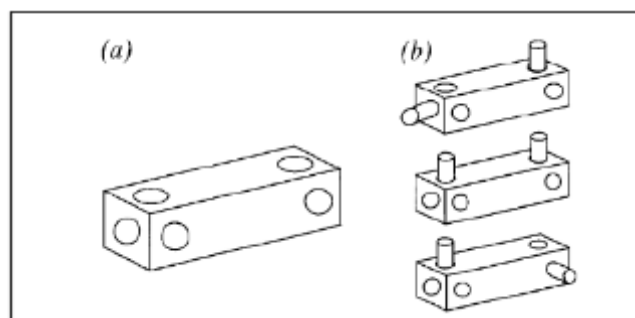
Já as *interfaces* são consideradas a parte crucial de um sistema modular, pois dependem da racionalidade das mesmas para determinar o nível de variedade que pode ser alcançado no produto modular (Scalice *et al.*, 2015). As *interfaces* são elementos que permitem o acoplamento dos módulos para a construção do produto. Essas superfícies de contato entre os módulos podem ser funcionais, mecânicas e elétricas.

A padronização de *interfaces* foi introduzida pela IBM ao utilizar especificações que permitiam a utilização de diversos processadores, equipamentos e memórias em uma mesma família de computadores. Essas *interfaces* são conexões compartilhadas entre os componentes, e suas especificações definem o protocolo para as interações fundamentais entre eles. O nível de padronização e especificação das *interfaces* determina o grau de compatibilidade entre os componentes (Mikkola *et al.*, 2003).

Essas *interfaces* padronizadas são estruturas de conexão que permitem que diferentes módulos, sistemas ou componentes se conectem, se ajustem e se comuniquem entre si de forma padronizada e eficiente. Elas atuam como ponte entre diferentes tipos de sistemas, facilitando a integração e a troca de informações (Liu *et al.*, 2018).

A Figura 02 apresenta, de maneira simplificada, que um módulo com *interfaces* definidas e padronizadas possibilita diversas conexões diferentes, formando assim produtos variados com módulos idênticos (Sgarabotto, 2016).

Figura 2: a) diferentes opções de montagem de um prisma modular b) três padrões de montagem

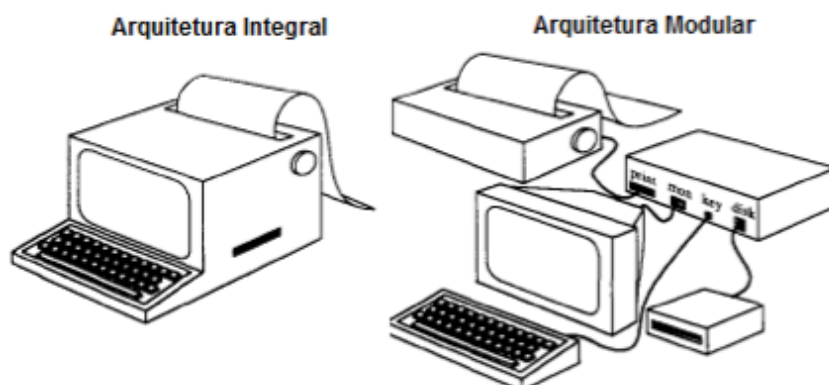


Fonte: Sgarabotto (2016)

Na Figura 02, em "a", encontra-se o módulo básico, que, juntamente com os pinos de *interface* apresentados em "b", possibilita a formação de diferentes variações do produto final.

A distinção entre as arquiteturas de produtos, conforme (Yin *et al.*, 2018), pode ser feita entre modular e integral. A arquitetura modular é caracterizada por produtos com partes que podem ser removidas, definidas por meio do projeto de *interfaces*. Já para (Nunes, *et al.* 2017), na arquitetura integral, há um mapeamento complexo das funções do produto. Nesse tipo de estruturação, as *interfaces* são criadas de forma independente, sem considerar a flexibilidade de conexão. A Figura 03 ilustra a diferença entre as arquiteturas modular e integral por meio do exemplo de um computador.

Figura 3: Exemplos de Computadores de Arquitetura Integral e Modular



Fonte: Adaptação do autor, Nunes *et al.* (2017)

A arquitetura modular é uma abordagem de *design* que se baseia na divisão de um sistema em módulos independentes e intercambiáveis, que se comunicam por meio de *interfaces* definidas. Cada módulo é responsável por uma funcionalidade específica e pode ser substituído ou atualizado sem afetar os demais módulos (Shaik *et al.*, 2015).

A principal vantagem da arquitetura modular é a flexibilidade e a capacidade de adaptação a mudanças. Como os módulos são independentes, é possível alterar ou adicionar funcionalidades sem afetar o sistema como um todo. Além disso, a modularidade permite a reutilização de módulos em diferentes sistemas, reduzindo o tempo e os custos de desenvolvimento dos produtos (Vickery *et al.*, 2015). Outra vantagem da arquitetura modular é a escalabilidade. Como os módulos são independentes, é possível adicionar novos módulos para aumentar a capacidade do sistema sem a necessidade de modificar os módulos existentes (Marion *et al.*, 2015).

Outro aspecto relevante a ser considerado é que a arquitetura modular também facilita a manutenção do sistema. Como os módulos são independentes, torna-se mais fácil identificar e corrigir problemas em um módulo específico, sem afetar o sistema como um todo. Entretanto, é importante ressaltar que a arquitetura modular apresenta alguns desafios. É necessário um bom planejamento e definição das *interfaces* entre os módulos, a fim de garantir a integração e a comunicação eficiente entre eles (Koren *et al.*, 2015).

A modularidade é um conceito utilizado na área de engenharia e gestão de projetos para descrever a forma como um sistema pode ser dividido em módulos

independentes e intercambiáveis (Efatmaneshnik *et al.* 2018). Isso permite que os sistemas sejam construídos de maneira mais eficiente, escalável e flexível. No contexto de bases de dados, a modularidade refere-se à abordagem de fragmentar a estrutura e os dados de uma base em módulos, que podem ser facilmente gerenciados e atualizados separadamente. Isso permite que uma base de dados seja construída de forma mais eficiente e adaptável às necessidades específicas de cada sistema (Lu, 2020).

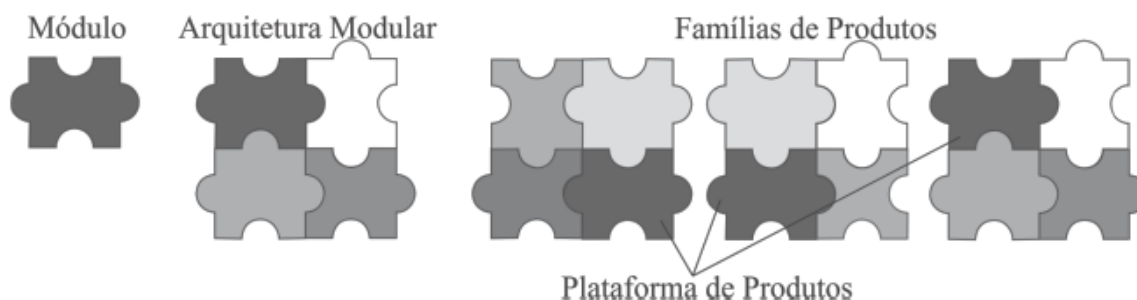
A abordagem de modularidade traz diversos benefícios para as bases de dados, como a melhoria no desempenho, a facilidade de manutenção, a redução da complexidade, a reutilização de módulos em diferentes sistemas e a possibilidade de atualizações e expansões mais eficientes (Cao *et al.*, 2021). No entanto, é importante destacar que a modularidade também pode trazer alguns desafios, como a necessidade de uma boa gestão dos módulos, a manutenção da integridade dos dados entre os módulos e a complexidade na integração com outros sistemas (Shoval *et al.*, 2019).

Como forma de produzir eficientemente produtos complexos, a modularidade tem sido utilizada há mais de um século. Os fabricantes dividem o processo de produção em módulos ou células para facilitar a produção (Baldwin Clark, 1997). Por exemplo, as montadoras produzem os componentes de um automóvel em diferentes locais e depois os reúnem para a montagem final. Para que isso seja possível, é necessário que cada peça seja detalhadamente projetada, pois servirá como referência para o sistema de manufatura, permitindo que o processo seja dividido entre várias fábricas ou terceirizado para outros fornecedores. Esses fornecedores podem experimentar processos de produção ou logística, mas normalmente não contribuem para o projeto dos componentes (Baldwin Clark, 1997).

A família de produtos no processo de modularização é um conjunto de produtos que compartilham características e funcionalidades similares, permitindo a criação de módulos padronizados e reutilizáveis. Dessa forma, a mudança da produção em massa para a customização em massa está impulsionando as empresas a criarem famílias de produtos utilizando uma plataforma compartilhada, visando ampliar a diversidade do *design*, reduzir o tempo de lançamento dos produtos no mercado e diminuir os custos dos produtos (Zhang *et al.*, 2006).

Os conceitos discutidos são ilustrados de forma gráfica na Figura 04, assemelhando-se a um quebra-cabeça.

Figura 4: Associação de conceitos relacionados a modularidade



Fonte: (Sonego, 2013)

Os conceitos discutidos são ilustrados de forma gráfica na Figura 04, assemelhando-se a um quebra-cabeça. Cada peça do quebra-cabeça representa um módulo, que, ao se unir a outras peças, forma o produto final (Sonego, 2013). Além disso, é importante destacar que uma família de produtos é composta por diversas variantes, sendo que todas compartilham uma mesma plataforma de produto.

2.6 Métodos para modularização no produto

A literatura apresenta diferentes abordagens para auxiliar as empresas no desenvolvimento de produtos modulares. Evidências comprovam que a adoção de métodos formais de identificação e criação de módulos resulta em economia relevante de tempo e recursos (Sonego *et al.*, 2018).

Os seis métodos resultantes dos estudos de Sonego, (2015) são apresentados no Quadro 03.

Quadro 3: Métodos para modularização encontrados na literatura

Métodos	Objetivos	Artigos
<i>Design Structure Matrix</i> - DSM	... encontrar alternativas de arquitetura de forma a otimizar a qualidade do <i>design</i> resultante e facilitar as substanciais demandas de coordenação requeridas quando os subsistemas interagem.	Pimmler & Eppinger (1994) , Holttä & Otto (2005), Sered & Reich (2006), Alizon <i>et al.</i> (2007), Holttä Otto & De Weck (2007), Yu <i>et al.</i> (2007), Meehan <i>et al.</i> (2007), Park <i>et al.</i> (2008), Helmer <i>et al.</i> (2010), Simpson <i>et al.</i> (2012), Cheng <i>et al.</i> (2012), Tilstra <i>et al.</i> (2012), Bonjour <i>et al.</i> (2013), Li <i>et al.</i> (2013), Borjesson & Holttä-Otto (2014)
Modular Function Deployment - MFD	... alcançar uma modularização que não só atenda às melhorias esperadas pela empresa e suporte a seleção de diretrizes, mas também fortaleça a capacidade da empresa de confrontar expansões futuras e demandas divergentes.	Ericsson & Erixon (1999) , Borjesson & Holttä-Otto (2014)
<i>Heuristic Model</i> -HM	... proporcionar uma abordagem sistemática para identificar os módulos de um produto a partir de um modelo funcional.	Stone <i>et al.</i> (2000a, b) , Dahmus <i>et al.</i> (2001), Chandrasekaran <i>et al.</i> (2004), Stone <i>et al.</i> (2004), Zha & Sriram (2006), Zhuo <i>et al.</i> (2008)
Design for Variety - DfV	... desenvolver uma arquitetura dissociada que requer menos esforços para o desenvolvimento de produtos futuros.	Martin & Ishii (2002) , Simpson <i>et al.</i> (2012)
<i>House of modular Enhancement</i> - HOME	...desenvolver um método de <i>design</i> modular para atender às questões relacionadas ao ciclo de vida ainda na fase de <i>design</i> .	Sand <i>et al.</i> (2002)

Fonte: Adaptado de Sonego, M. (2015).

A primeira coluna apresenta os métodos e as abreviações pelas quais são referidos no restante do trabalho. Na última coluna, nomeada "Artigos", são apresentados os artigos que utilizam aquele método encontrados na revisão sistemática, sendo destacado em negrito o artigo primário (seminal), no qual o método foi proposto.

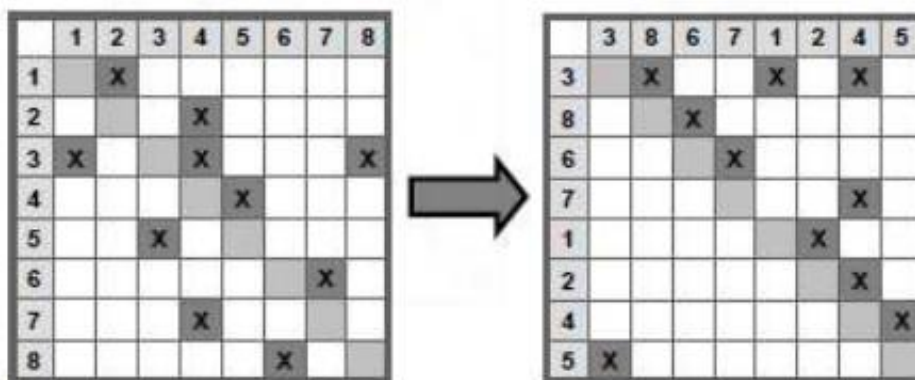
2.6.1 *Design Structure Matrix (DSM)*

De acordo com (Sinha *et al.*, 2020), o DSM é uma ferramenta eficaz para representar as relações entre diferentes elementos, que podem ser componentes físicos, sistemas, parâmetros ou qualquer outro item com possibilidade de interação e *interface*. O DSM é uma matriz na qual os componentes do produto são listados nas linhas e colunas. Cada intersecção entre linha e coluna é marcada pela equipe para indicar se um grupo de componentes está conectado fisicamente a outro, sendo considerado mais vantajoso mantê-los juntos em um mesmo módulo do que separados. O DSM é construído, basicamente, em três passos: (i) decomposição do sistema em elementos; (ii) análise das interações físicas e funcionais entre os elementos; e (iii) identificação dos potenciais agrupamentos (Pimmler; Eppinger; 1994).

A descrição do conceito do produto em termos de elementos físicos e funcionais, permitindo atingir suas funções, constitui a decomposição do sistema em elementos. A análise das interações físicas e funcionais documenta as relações entre eles, sendo estas espaciais, de energia, de informação ou de material (Pimmler; Eppinger; 1994). A identificação dos potenciais agrupamentos tem como objetivo reunir os elementos em blocos, seguindo critérios definidos pela equipe, resultando na arquitetura do produto.

Segundo Pimmler; Eppinger (1994), a DSM é uma representação em forma de matriz quadrada. Os elementos do sistema são dispostos nas células ao longo da diagonal, sendo rotulados nas linhas à esquerda e/ou colunas acima da matriz. As células fora da diagonal indicam a relação entre os elementos. A leitura de uma linha permite identificar para quais outros elementos o elemento daquela linha fornece saídas, enquanto a leitura de uma coluna revela de quais outros elementos o elemento naquela coluna recebe informações - Figura 05.

Figura 5: Modelo simples da DSM com realinhamento



Fonte: Adaptado de (Eppinger 1997)

Alternativamente, é possível intercambiar linhas e colunas sem alterar a interpretação.

2.6.2 Modular Function Deployment (MFD)

O MFD (*Modular Function Deployment*) é um método desenvolvido por Erixon (1998) que visa considerar parâmetros de gestão estratégicos e abstratos durante o desenvolvimento de projetos modulares. Trata-se de uma abordagem estruturada que tem como objetivo encontrar a melhor solução modular para atender às necessidades específicas das empresas, conforme explicado por (Ericsson *et al.*, 1999). O processo do MFD é composto por cinco etapas, que abrangem desde os requisitos dos clientes até aprimoramentos intra-módulos, passando pela escolha de soluções técnicas, modularização e análise de *interfaces*.

Na matriz MIM, as soluções técnicas dos produtos são avaliadas em relação às diretrizes de modularização durante todo o ciclo de vida do produto. A matriz é semelhante a uma matriz de QFD, onde as soluções que possuem fortes motivos para se tornarem módulos recebem pontuação 9, média força recebe 3, fraco motivo recebe 1 e a ausência de motivos recebe 0. Após o preenchimento, as pontuações são somadas e as soluções com maior pontuação são selecionadas como candidatas a módulos. Já as soluções com baixa pontuação podem ser integradas às demais soluções conforme a similaridade indicada na própria matriz MIM.

Na matriz MIM, é apresentado o somatório das soluções técnicas nas linhas e o somatório dos direcionadores de estratégia nas colunas dessa matriz, seguindo a pontuação de 9, 3 e 1 para, respectivamente, forte, média e fraca interação entre as soluções técnicas e os direcionadores estratégicos.

Um exemplo de Matriz MIM está apresentado na Figura 6.

Figura 6: Exemplo de matriz MIM

		Direcionadores de Estratégia											Pontuação		
		Carry over	Evolução Tecnológica	Alteração planejada do produto	Diferentes especificações técnicas	Estilo	Unidade comum	Organização / Processo	Teste em separado	Fornecedores estratégicos	Serviço / Manutenção	Atualização		Reciclagem	
		▲ = 9	■ = 3	● = 1											
Soluções Técnicas	Carcaça do eixo	▲			▲			▲	▲	▲				■	48
	Semi eixo	▲			▲			▲	▲	▲				■	48
	Carrier		▲		▲			▲	▲	▲		▲			54
	Cubo de rodas	▲					▲	▲				■		■	24
	Tambor de freio				▲			▲						■	21
	Suporte de freio		▲	■	▲			▲		▲	▲				48
	Câmara de freio		▲		▲			▲	▲	▲	▲				54
	Freio de rodas		▲	■	▲			▲		▲	▲				48
	Viga "banana"			▲	▲									■	21
	Placa de torque superior			▲	▲									■	21
	Placa de interface			▲	▲									■	21
	Grampos			▲	▲									■	21
	Suporte dos tirantes - eixo			▲	▲									■	21
	Bolsão de ar			▲	▲				■	■	▲			■	36
	Suporte central da suspensão			▲	▲									■	21
	Travessa central			▲	▲									■	21
	Suporte dos tirantes - chassi			▲	▲									■	21
	Suporte dos amortecedores	▲					▲								18
	Suporte da barra estabilizadora	▲					▲								18
	Suporte do bolsão de ar	▲					▲								18
	Batente do eixo	▲					▲								18
	Tirantes			▲	▲				■	■	▲				33
	Barra estabilizadora			▲	▲				▲	▲					36
Reservatório de ar			▲	▲					▲					18	
Válvulas niveladoras e chicote			▲	▲					▲					27	
Amortecedores		▲	▲	▲					▲				▲	45	
Pontuação		63	45	132	189	0	45	72	51	87	57	0	48		

Fonte: Adaptação do autor, Forti et al. (2017)

2.6.3 Método Heurístico

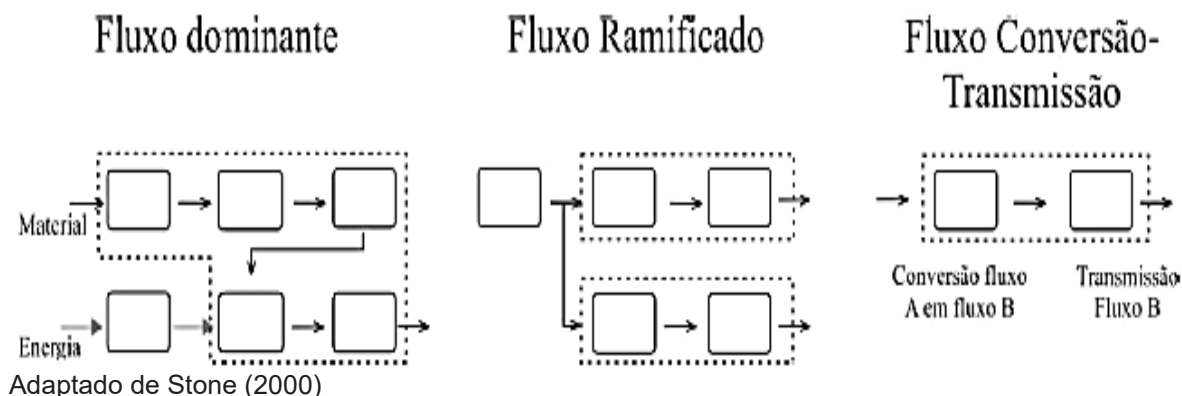
Em 2000, Stone, Wood e Crawford apresentaram um método sistemático para a identificação dos módulos de um produto, baseado em sua função. Os módulos são determinados pelos fluxos cruciais na estrutura funcional. Durante a fase de concepção do produto, são observados grupos de subfunções conectadas por fluxos, formando subsistemas ou módulos do produto.

Os autores propuseram um método que consiste em três estratégias para identificar os módulos em uma estrutura funcional: fluxo dominante, fluxo ramificado

e fluxo conversão-transmissão. O fluxo dominante examina cada fluxo não ramificado e agrupa as subfunções por onde ele passa até sair do sistema ou se transformar em outro fluxo, formando um módulo. Já o fluxo ramificado considera que um fluxo pode se ramificar em cadeias de funções independentes, exigindo a identificação de fluxos associados a essas cadeias. Cada galho de uma função paralela define um módulo potencial e interage com o produto através do fluxo no ponto de ramificação. Por fim, o fluxo de conversão-transmissão se refere a um fluxo que pode ser convertido em outro, e as subfunções de conversão ou uma cadeia adequada delas constituem um módulo (Stone *et al.*, 2000).

Na Figura 7, são apresentadas as três heurísticas propostas por (Stone *et al.*, 2000):

Figura 7: Três Heurísticas



2.6.4 Modelo *Design For Variety* (DFV)

Em 2002, Martin e Ishii desenvolveram o método *Design for Variety* (DFV) com o objetivo de diminuir gastos e facilitar o planejamento futuro de projetos, através da implementação de padrões e módulos. Este método envolve a criação de dois indicadores, o GVI (*Generational Variety Index*) e o CI (*Coupling Index*) que servem como base para a padronização e modularização dos produtos.

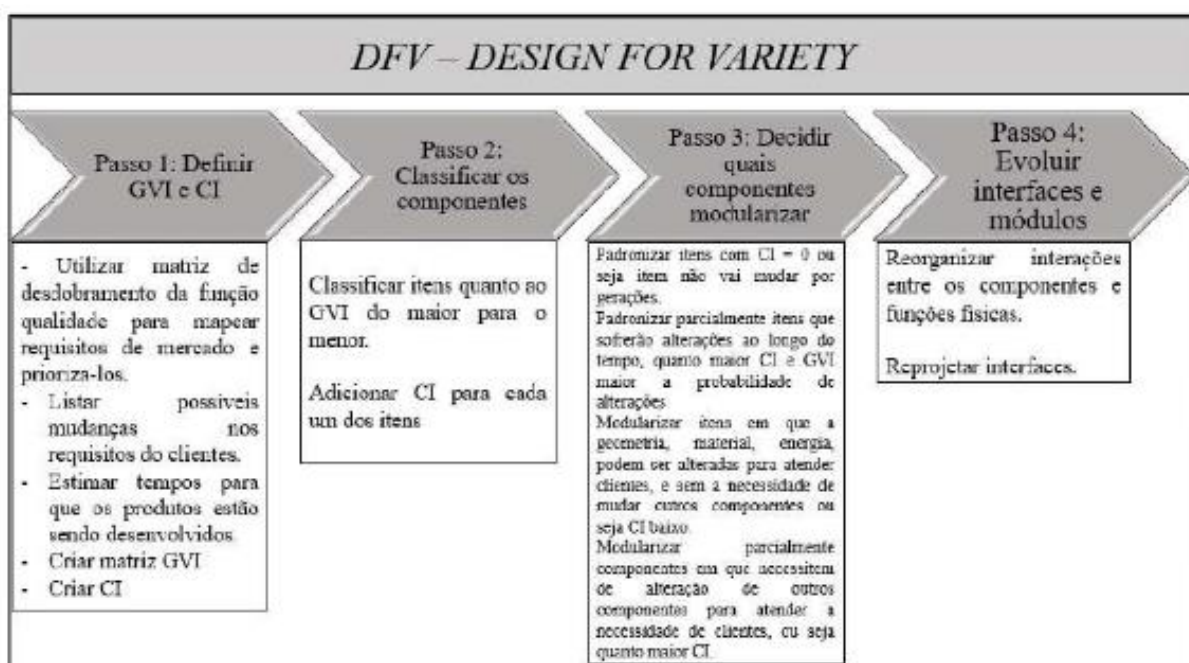
O indicador GVI (*Generational Variety Index*) é um indicador que mensura a quantidade de reprojeto necessária para manter um produto atualizado. Sua atribuição é feita pela equipe, considerando características como necessidades dos consumidores, custos, confiabilidade e qualidade dos componentes (Martin; Ishii;

2002). Já o indicador CI (*Coupling Index*) é uma medida que avalia a possibilidade de uma mudança em um componente causar a necessidade de alteração em outro, de acordo com (Sonego, 2013).

O método consiste em quatro passos: geração de indicadores, classificação dos componentes, decisão de modularização e trabalho nas *interfaces* e melhorias. Esses passos têm como objetivo analisar o impacto da alteração dos componentes na arquitetura do produto e decidir quais serão modularizados (Martin; Ishii; 2002).

A Figura 8 apresenta o Método do MDV.

Figura 8: Método *Design for Variety*, Martin e Ishii (2002).



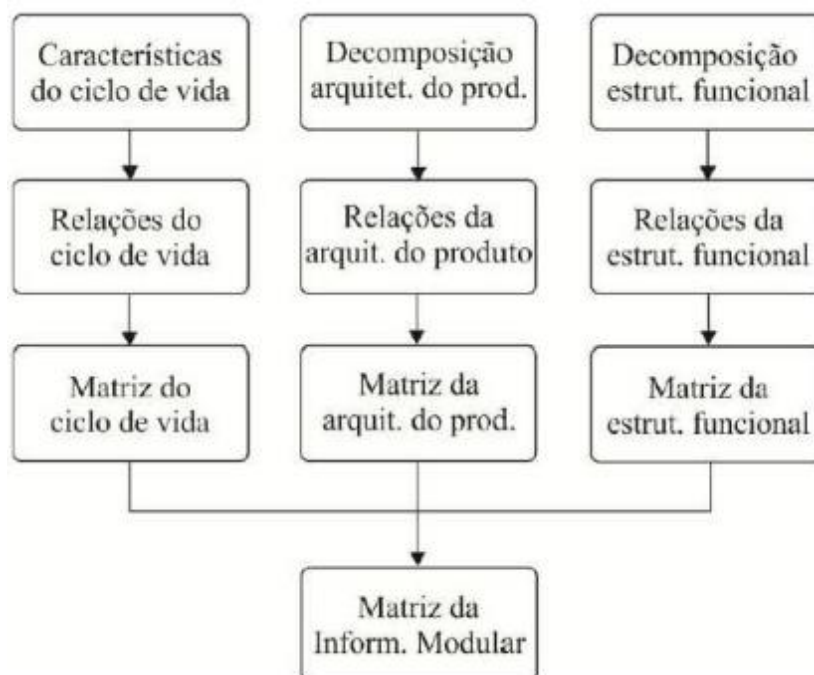
Fonte: Elaborado pelo autor

2.6.5 Modelo *House Of Modular Enhancement* (HOME)

A estratégia HOME tem como propósito aprimorar a modularidade dos produtos desde a etapa de concepção, incorporando questões relacionadas ao ciclo de vida do produto. Com o intuito de atingir esse objetivo, é estabelecida uma matriz de informações modulares, que engloba dados sobre os propósitos do ciclo de vida, a arquitetura do produto e os requisitos funcionais. Essas informações são fundidas para formar a *Modular Information Matrix* (MIM), convertida em uma matriz EMIM por meio do método de eixo radial (*Radial Axis Method* - RAM), (Sand *et al.*, 2002).

Essa matriz é então usada para agrupar os componentes em módulos de produto, permitindo uma análise das interações e identificação dos fatores relacionados aos objetivos. A Figura 9 apresenta a organização das matrizes do método HOME.

Figura 9: Organização das matrizes do método HOME



Adaptado de Sand et al., (2002)

A matriz MIM é formada pela combinação de três matrizes: a matriz do ciclo de vida, a matriz da arquitetura do produto e a matriz da estrutura funcional. Cada uma dessas matrizes apresenta informações específicas sobre as relações entre os componentes dos produtos, como reuso, reciclagem, relações físicas e funcionais.

2.6.6 Fuzzy Logic Based

O método proposto por (Nepal *et al.*, 2004) utiliza-se de um método baseado na lógica *fuzzy* para lidar com o conhecimento vago e impreciso nos estágios iniciais de desenvolvimento de produto. Seu objetivo é otimizar a arquitetura do produto, considerando não apenas os custos, mas também a qualidade, confiabilidade e manufaturabilidade. O método proposto inicia com a aquisição do conhecimento, na qual é realizada uma análise do produto, identificação das variáveis linguísticas e

desenvolvimento de regras "Se-Então", formando um número de potenciais módulos. Utilizam-se as variáveis linguísticas para representar o custo desses módulos. A principal função das variáveis linguísticas é fornecer uma maneira sistemática de caracterizar aproximadamente fenômenos complexos ou mal definidos. Nesse caso, o conhecimento vago e impreciso é característico das fases iniciais de desenvolvimento. Em seguida, ocorre um processo de inferência *fuzzy* e o processo de modularização do produto é realizado por meio de um modelo matemático baseado em um algoritmo de tecnologia de grupo, visando a minimização do custo de modularização de uma arquitetura de produto.

2.7 Modularização de processos

A modularidade de processo é alcançada quando um processo é dividido em módulos independentes que poderão ser reconfigurados, com poucas perdas de função sem afetar os outros módulos. Isso permite que os módulos sejam reutilizados em diferentes processos e facilita a manutenção e atualização do processo como um todo (Saïah *et al.* 2022).

A indústria tem passado por diversas mudanças ao longo dos anos, desde a Revolução Industrial até os dias atuais. Com o avanço da tecnologia e a busca por maior eficiência e produtividade, novas técnicas e processos são desenvolvidas para melhorar a produção industrial. Entre eles, destaca-se o processo modular, que vem ganhando cada vez mais espaço nas empresas (Sharma *et al.*, 2021).

A modularidade do processo consiste na prática de padronizar subprocessos de fabricação, de forma a permitir uma fácil reorganização ou adição de novos módulos em resposta às mudanças nos requisitos do produto. Essa abordagem é baseada em três princípios: i) padronização do processo, ou seja, dividir o processo em subprocessos padrão que produzem unidades básicas padronizadas e personalizar os subprocessos das unidades básicas compartilhadas por produtos; ii) resequenciamento do processo, que envolve a reordenação dos subprocessos para que os padrões ocorram primeiro e os de personalização por último; e iii) adiamento de processos, ou seja, postergar os subprocessos de personalização até a chegada de um pedido do cliente ou alocá-los em centros de distribuição para obter maior flexibilidade (Gualandris *et al.*, 2013).

A decomponibilidade permite que um sistema seja facilmente reconfigurado utilizando componentes iguais, similares ou complementares, sem efeitos deletérios no desempenho. Embora a literatura sobre modularidade de processos seja menos desenvolvida do que a literatura sobre modularidade de produtos, esses três principais módulos de modularidade aspectos se aplicam conceitualmente a ambos os tipos de modularidade. Indicam que os processos são modulares quando os componentes do processo podem ser vinculados, servindo para reduzir a interdependência dos componentes e possibilitando seu *design* autônomo. Os módulos de processo são constituídos por grupos padronizados, com poucas interdependências, permitindo o desacoplamento e a reorganização ágil de processos e ferramentas, já que cada módulo é relativamente autônomo. Caso cada operação de produção seja independente da anterior e/ou subsequente, o processo se torna modular (Vickery *et al.*, 2015). Dessa forma, é possível ativar ou desativar rapidamente os módulos de processo conforme a demanda ou alteração nas especificações do produto, quando novos itens são adicionados à linha.

Como resultado, um módulo de processo é um componente padronizado que, geralmente, possui poucas interdependências com outros módulos, permitindo um desacoplamento e reorganização rápidos. A modularidade de processos difere da Reengenharia de Processos de Negócios (*Business Processo Reengineering*), que tem como foco a reformulação radical dos processos de negócios. Ao contrário, a modularidade de processos não descarta os processos existentes, mas sim utiliza módulos pré-projetados para configurar processos do tipo “*plug-and-play*” (Saïah *et al.* 2022).

Outro aspecto importante são as máquinas de produção flexíveis, que associadas as operações de fabricação modulares, geram o conceito para a obtenção de novas funcionalidades na produção. Isso significa que elas funcionarão de forma autônoma ou em conjunto com os seres humanos para produzir um produto personalizado para o cliente. Para alcançar esses objetivos nas empresas, é necessário prestar atenção em diversos níveis de fabricação, como máquinas (ferramentas e equipamentos de chão de fábrica), controle e sistemas de execução de fabricação (El Zant *et al.* 2021).

No processo de manufatura, a modularidade permite a reconfigurabilidade de um processo de fabricação, ou, em outras palavras, agilidade na fabricação, por meio

de quatro mecanismos (Lin, 2010). O primeiro é a modularização do processo de fabricação, minimizando o acoplamento a outros processos, o que permite que ele seja executado de forma independente, com menor necessidade de troca de feedback. Isso possibilita que perturbações ou mudanças nos requisitos sejam localizadas e que interrupções temporárias em um processo não afetem o restante da produção, aumentando a agilidade na fabricação. O segundo mecanismo é a utilização de *interfaces* de processo padronizadas e uma arquitetura de processo fracamente acoplada. Isso permite que um processo seja melhorado de forma autônoma, por meio de experimentos individuais, devido à especificação de informações necessárias e à modularidade do processo. Isso possibilita maior agilidade e adaptação a novos requisitos e tecnologias. O terceiro mecanismo é a arquitetura modular, que permite a reconfiguração dos processos de fabricação em resposta às necessidades da cadeia de abastecimento, minimizando os impactos da falta de peças e possibilitando a produção simultânea. No caso de mudanças nos requisitos dos clientes, os processos podem ser reordenados e adiados para fornecer novos produtos personalizados, sem a necessidade de requalificação dos operadores ou a reconstrução da velocidade de produção. Isso permite a reutilização dos processos e instalações existentes. Finalmente, o quarto mecanismo consiste na possibilidade de que a fabricação modularizada seja delegada a outros agentes, graças à especificação e padronização da informação e qualidade, bem como à minimização dos parâmetros de interação. Isso permite que os processos de fabricação sejam realizados por outras organizações, resultando em maior flexibilidade e menores custos. Além disso, a montagem final pode ser adiada e ampliada para um centro de distribuição próximo ao mercado, levando a uma rede de produção mais ágil.

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos consistem em um conjunto de tomada de decisões, técnicas de pesquisa e métodos aplicados no desenvolvimento de um trabalho científico, sendo, portanto, o caminho a seguir para a realização de qualquer pesquisa de cunho científico (Marconi *et al.*, 2010). O presente capítulo apresenta o delineamento de pesquisa, o método científico empregado para a elaboração da pesquisa - o *Design Science Research* (DSR) - e o método de pesquisa, que são os passos lógicos utilizados para a realização da pesquisa. Neste capítulo, também são tratados os procedimentos de coleta de dados e as análises realizadas.

3.1 Caracterização do tipo de pesquisa

Segundo Gil (2002), a pesquisa é um processo que envolve investigações de trabalhos científicos ou práticos, visando responder às questões formuladas e, a partir daí, obter novos conhecimentos. As pesquisas podem ser classificadas quanto a três principais dimensões, a saber: i) quanto à natureza; ii) quanto aos objetivos; e iii) quanto ao procedimento.

Quanto a natureza a pesquisa pode ser classificada como:

- Pesquisa básica: normalmente, a pesquisa exploratória é motivada pela curiosidade do pesquisador e visa gerar conhecimento a partir do conhecimento existente, sem necessariamente, ter fins práticos ou utilidades de natureza prática.
- Pesquisa aplicada: é utilizada para gerar conhecimento prático e solucionar problemas específicos.

Do ponto de vista da abordagem, as pesquisas podem ser:

- Quantitativa: neste caso, a pesquisa é baseada na coleta de dados numéricos, usando técnicas estatísticas para analisar os dados. Esta abordagem é usada para entender os padrões, tendências e relações entre variáveis, descobrir relações causais e prever resultados.
- Qualitativa: envolve a observação e a coleta de dados não numéricos, utilizando instrumentos de coleta, como entrevistas, anotações e pesquisas de campo. Esta abordagem é utilizada para obter uma

melhor compreensão dos pontos de vista, atitudes, motivações, percepções e valores de um grupo de pessoas.

Importante destacar que uma pesquisa científica pode utilizar, conjuntamente, abordagens de cunho qualitativo e quantitativo, visando aumentar a geração de conhecimento em relação ao tema pesquisado.

De outra parte, as pesquisas podem adotar abordagens do tipo descritiva e interpretativa. As pesquisas descritivas objetivam compreender, em profundidade, uma determinada questão pesquisada. No caso das pesquisas interpretativas, a ideia é interpretar os dados a partir de uma determinada perspectiva teórica. Não há exclusividade nas abordagens descritiva e interpretativa, sendo comum a utilização das duas em conjunto, sendo o pesquisador o principal instrumento para a interpretação dos dados coletados (Provdanov *et al.*, 2013).

A pesquisa exploratória é utilizada para identificar e compreender relações entre variáveis, além de descobrir novas informações para aprimorar a tomada de decisão. Já a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever o comportamento ou outras características de um fenômeno. Por fim, as pesquisas explicativas buscam compreender e explicar os motivos por trás de determinados fenômenos (Marconi *et al.*, 2003). De acordo com (Dresch *et al.*, 2015), a pesquisa prescritiva tem como finalidade encontrar uma solução adequada para um determinado problema. Geralmente, as pesquisas prescritivas buscam desenvolver artefatos para solucionar de forma satisfatória um problema previamente identificado.

3.2 Método científico - O *Design Science Research*

A escolha do método para realizar uma pesquisa deve ser feita com base na análise das características da mesma e da questão de pesquisa formulada (Marconi 2003). A escolha do método de pesquisa depende, portanto, do problema a ser investigado, sendo influenciada por vários fatores, tais como a natureza dos fenômenos, o objetivo da pesquisa, o orçamento, o tempo disponível, o grupo de pesquisa e outros fatores que possam surgir durante a realização da pesquisa.

No tema, esta pesquisa é de natureza aplicada, por tratar da resolução de um problema específico e de aprender através da aplicação da solução projetada. Além

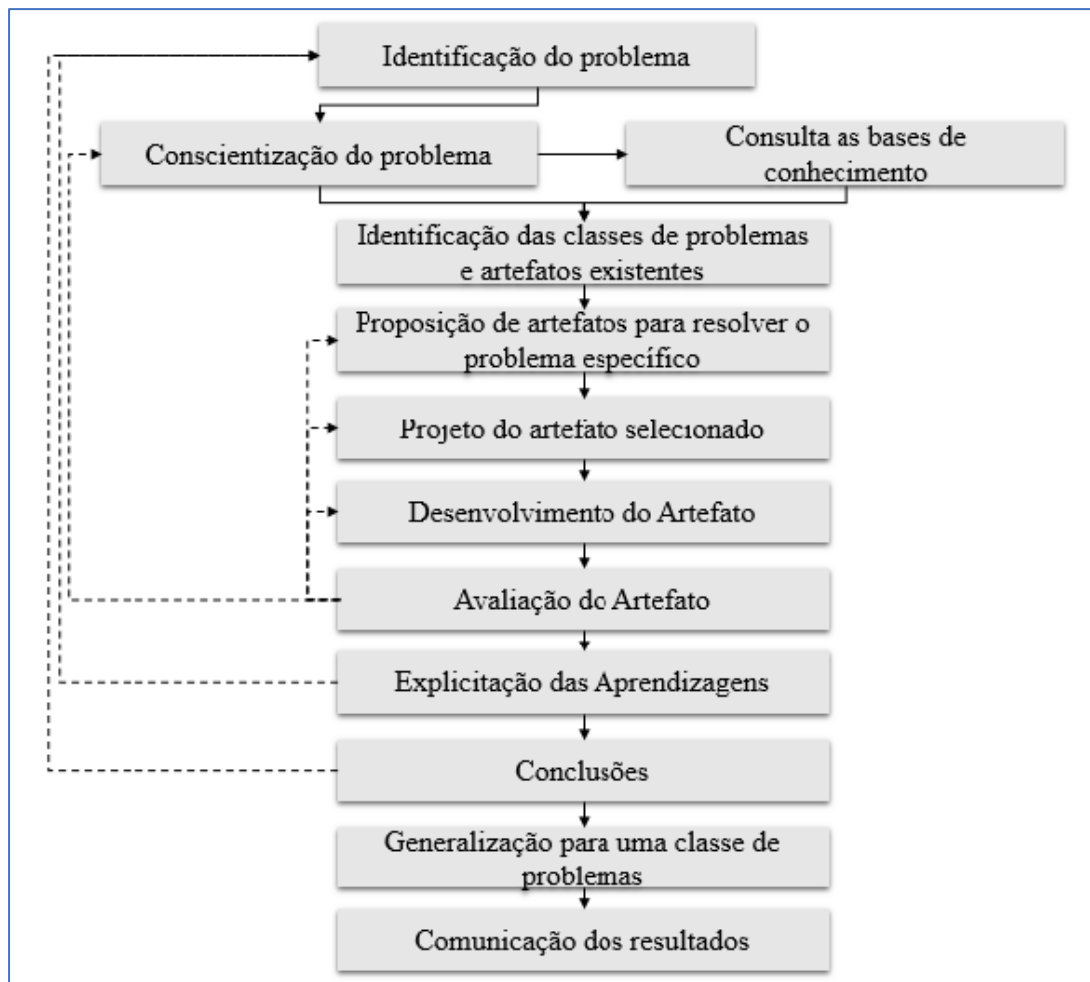
disso, o objetivo é classificado como prescritivo, pois como resultado, objetiva-se a proposição de um método para a solução de um determinado problema. Em virtude das características desta pesquisa, o método de pesquisa adotado para guiá-la foi o *Design Science Research (DSR)*, que se caracteriza pela coerência e organização, resultando em credibilidade e rigor para a elaboração da pesquisa (Lacerda *et al.*, 2013).

O objetivo das pesquisas conduzidas pelo DSR é o desenvolvimento de conhecimento com o intuito de solucionar problemas reais, não se preocupando apenas com a pesquisa, mas gerando conhecimento para atender às necessidades práticas específicas da firma (Van Aken, 2004). É central destacar que o método do DSR não tem apenas o objetivo de descrever e documentar os fenômenos estudados, mas também se concentra na resolução satisfatória de um problema por meio da criação de um determinado artefato (Lacerda *et al.*, 2013).

O método de DSR tem como saída do seu processo uma solução, processo ou artefato para a resolução de problemas práticos em um contexto determinado (Freitas *et al.*, 2015). Os artefatos podem ser de diferentes tipos, tais como conceitos, modelos, *frameworks*, métodos e instancias. É importante destacar que, em todos os casos de utilização do DSR, é relevante identificar e buscar o equacionamento de questões formuladas para uma determinada classe de problemas, por exemplo, relacionados a PPCPM ou Modularização de produtos e processos. De acordo com March; Smith; (1995), o artefato resultante deste tipo de pesquisa pode ser visto como um conjunto de passos para desempenhar uma tarefa com um objetivo definido. Além disso, ocorre um fortalecimento na criação dos artefatos (conceitos, métodos, *frameworks*, modelos) quando eles são instanciados, ou seja, projetados e implantados em ambientes reais de funcionamento.

Assim, o DSR necessita seguir os procedimentos definidos para resultar na construção de uma solução de um problema, o artefato. Este estudo seguirá os passos apresentados na Figura 10.

Figura 10: Etapas da *Design Science Research*



Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes (2015)

Seguindo o fluxograma apresentado na Figura 10, é inicialmente feita a identificação e a compreensão do problema. É importante que esta identificação e compreensão seja feita considerando o contexto em que o problema está inserido. Para isso, é interessante realizar consultas a literatura, utilizando artigos, periódicos e outros documentos encontrados nas bases de consulta. Além disso, é relevante a base de conhecimento prático de participantes do contexto em que o processo estudado está inserido.

Com base na identificação do problema, a próxima etapa consiste em definir os objetivos da pesquisa. Esses objetivos devem ser claros, específicos e mensuráveis, e devem estar alinhados com as necessidades e objetivos identificados na etapa anterior.

Posteriormente, serão avaliadas sugestões para a solução do problema. A partir daí, serão feitos desenvolvimentos visando a criação do artefato para

equacionar satisfatoriamente o problema em questão. Em seguida, a solução que melhor se encaixa ao contexto será trabalhada, resultando no artefato. Esta etapa será descrita nos tópicos seguintes do trabalho.

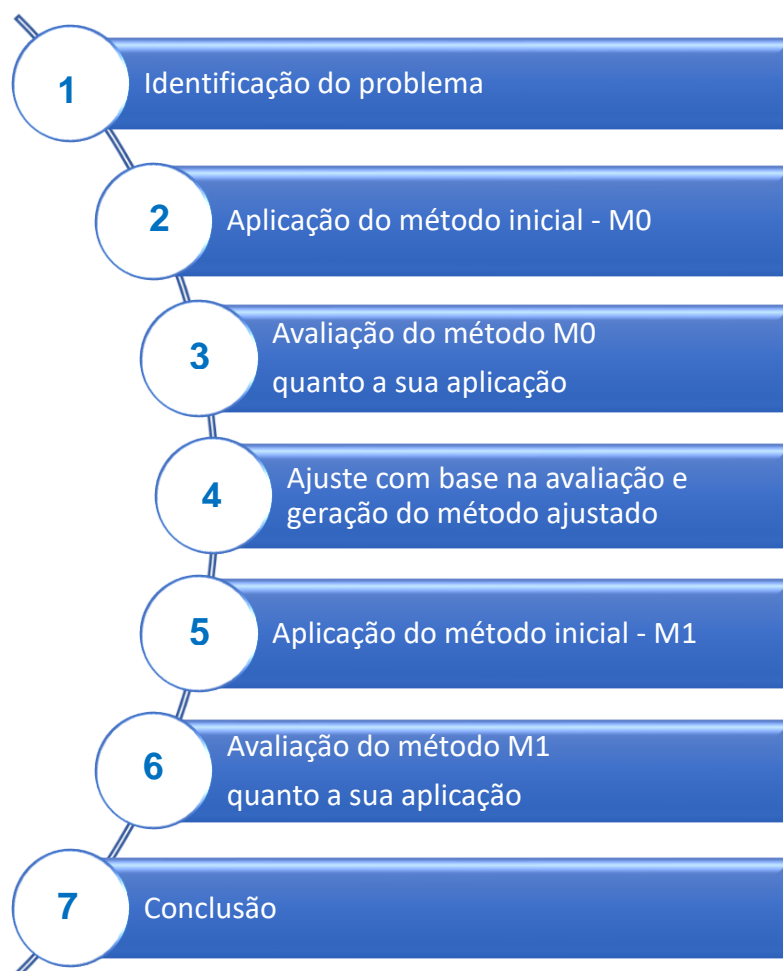
Na etapa de avaliação, são feitas análises críticas das saídas propostas, bem como podem ser feitas análises sobre os resultados obtidos em termos da medição dos indicadores. Isso pode ser feito por meio de testes, simulações ou outras técnicas de avaliação. Os resultados obtidos nessa etapa podem levar a ajustes ou melhorias nas soluções desenvolvidas.

A última etapa da DSR é a conclusão do processo de pesquisa, que envolve a reflexão sobre os resultados obtidos e sua relevância para a área de estudo. Nessa etapa, também é importante avaliar a aplicabilidade das soluções desenvolvidas e identificar possíveis direções para trabalhos futuros.

3.3 Método de trabalho

Para atingir o objetivo geral e específicos deste trabalho, foi estabelecido um método de trabalho inspirado no método do *Design Science Research*, proposto por Dresch *et al.*, (2015). Na Figura 11, é apresentado o método de trabalho proposto, ou seja, os passos lógicos utilizados para a elaboração desta dissertação.

Figura 11: Etapas do método de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, estão descritos os passos seguidos para a elaboração do trabalho:

Passo 1 - A importância da potencialidade de uso da modularização de processos é discutida na literatura. No entanto, não existem muitos estudos relacionados a empresas de indústrias caracterizadas por elevada variabilidade, baixa escala de produção e alta variedade de produtos.

Outro aspecto importante para a profundidade nos estudos na indústria calçadista é a ampla variedade de matérias-primas que possuem características próprias, como espessura, elasticidade e resistência. Essas características podem

afetar diretamente a qualidade dos produtos e dificultar a aplicação e a automatização dos processos de fabricação. Esse é o caso, por exemplo, de boa parte das empresas que atuam na indústria calçadista e têxtil. Nesse contexto, a questão de pesquisa e o objetivo desta dissertação estão associados ao desenvolvimento de um artefato para a implantação da modularização em processos em ambientes de baixa escala, alta variedade de produtos e intensidade de mão de obra, tendo como foco empresas da indústria de calçados.

Passo 2 - Com base no Referencial Teórico, foi proposto um método inicial (M0), fundamentado nas práticas encontradas na literatura e, também, com o acréscimo de algumas etapas sugeridas a partir da experiência do autor. Foram definidas quatro macro etapas (macro passos) para a implantação do método: i) definição da equipe e nivelamento conceitual; ii) análise dos processos e produtos a serem modularizados; iii) modularização do processo; iv) avaliação dos resultados obtidos.

O método foi aplicado em um ambiente empresarial da indústria de calçados para analisar seu desempenho em funcionamento real. Ou seja, foi feita uma instanciação do método em uma empresa calçadista de médio porte caracterizada por uma produção de baixa escala, alta variedade e uso intensivo de capital humano. O estudo foi desenvolvido no setor de corte e costura, onde os produtos passam por até quatro tipos de processos diferentes: i) costurados sem preparação: o processo de costura nos calçados sem preparação é feito manualmente por profissionais especializados. Esse processo é muito comum em fábricas de calçados, onde não há máquinas específicas para realizar as costuras. É importante ressaltar que o processo de costura em calçados sem preparação é mais lento e requer habilidade e paciência por parte do profissional. ii) com alta frequência: essa técnica é muito utilizada na indústria de calçados, por permitir a união de diferentes materiais de forma rápida e eficiente, sem a necessidade de adesivos ou costuras; iii) com fusonamento: o processo de fusonamento em calçados é feito por meio de uma máquina específica chamada de "fusionadora". Esse equipamento realiza a união entre duas ou mais peças de couro, sintético ou tecido, através da aplicação de calor e pressão; iv) prensado as peças nos cabedais: a prensagem é uma técnica utilizada na construção de calçados para unir as diferentes peças que compõem o cabedal -

parte superior do calçado que envolve o pé. Esse processo é realizado manualmente por um profissional qualificado.

Uma das principais dificuldades é o aumento da complexidade. Ao lidar com um elevado número de processos, a empresa depara-se com uma grande quantidade de informações, que muitas vezes podem tornar-se confusas e difíceis de gerenciar. Além disso, a complexidade no processo de produção também gerava retrabalho e atrasos na produção, impactando diretamente o prazo de entrega dos calçados. Outro desafio enfrentado era a necessidade de mão de obra qualificada. Com tantos processos envolvidos, foi fundamental contar com profissionais capacitados e treinados para lidar com cada etapa da produção. Porém, nem sempre é fácil encontrar esses colaboradores disponíveis no mercado de trabalho, o que pode gerar dificuldades na contratação e no treinamento.

Passo 3 - Neste passo, foi feita a avaliação crítica da implantação do Método M0 em ambiente real. A partir daí, foram analisadas as percepções dos envolvidos na implantação. Na aplicação nos modelos selecionados, percebeu-se que ainda havia uma série de oportunidades de melhoria que precisavam e poderiam ser abordadas: variabilidade da matéria-prima, variabilidade de pessoal (mão-de-obra) e processo de qualidade das costuras. É importante destacar que foram observadas e descritas as principais dificuldades no processo de implantação do M0 em situação real. Essas contribuições foram fundamentais para a alimentação do próximo passo do método e para verificar o desempenho e as dificuldades da aplicação. Esta etapa foi fundamental para a geração da próxima versão do método.

Passo 4 – Neste passo, foram feitos os ajustes necessários, a principal alteração no método M0 foi no posicionamento das peças do calçado que eram feitas diretos no gabarito da costura programada, devido ao problema de espessura dos materiais usados na produção do calçado e a variabilidade da mão-de-obra estavam ocorrendo, não resultando em uma boa qualidade das peças costuradas, então gerou-se uma segunda versão do Método, intitulada M1 para solucionar o problema.

Passo 5 – Neste passo, feito a implantação da segunda versão do Método, intitulada M1. Foram propostas um conjunto de melhorias com o objetivo de ajustar o método proposto e torná-lo aplicável em outras empresas da indústria calçadista. Para viabilizar a nova lógica proposta, foram adotados dois sistemas distintos. O primeiro consistia em prensar as peças em um equipamento específico, de acordo

com o modelo e tamanho do calçado, utilizando um gabarito de precisão. Essa técnica permitia que as peças fossem unidas de forma mais precisa e uniforme, facilitando, assim, o processo de costura posterior. O segundo sistema utilizado foi a aplicação de alta frequência. Adotando este sistema, as peças eram fixadas em uma matriz de alumínio com pinos de precisão, fazendo a união de todas as partes que compõem o calçado em sua totalidade.

Passo 6 – Com a adoção desses dois sistemas, a empresa conseguiu solucionar o problema e obter uma produção mais eficiente e com maior qualidade. Além disso, os funcionários também se adaptaram melhor a essa nova forma de trabalho, contribuindo significativamente para o sucesso do processo de modularização.

Passo 7 – A principal contribuição do trabalho foi o desenvolvimento do Método para Modularização do Processo. Este método foi desenvolvido inicialmente em sua versão M0 e, a partir de uma visão crítica de sua implantação na área piloto da empresa, que serviu como laboratório para a construção do método, gerou-se uma versão final M1.

4 AMBIENTE DE PESQUISA

4.1 Considerações Iniciais;

Neste capítulo, é apresentada a empresa objeto deste estudo. Inicialmente, é abordada a estratégia de produção adotada pela empresa onde o trabalho empírico foi realizado. Assim, pode-se compreender o fluxo da produção da empresa calçadista que serviu como laboratório para o desenvolvimento do método. Na sequência, é apresentada uma avaliação do sistema antes da aplicação do método proposto, colocando-se os elementos que necessitam ser modificados e melhorados. Isso serve de base para a compreensão e desenvolvimento do próximo item, que é a proposição do Método M0.

4.2 Apresentação da empresa - Estratégia de Negócios e de Produção

A empresa objeto deste estudo foi fundada em abril de 1949. No seu desenvolvimento ao longo de décadas, acompanhou movimentos estratégicos do setor calçadista brasileiro. No início de suas atividades, em 1949, experimentou o crescimento alavancado por um processo de industrialização brasileiro impulsionado por forte demanda de produtos industrializados, em um Brasil ainda caracterizado por grande dependência do setor primário.

Nas décadas de 1960 e 1970, além de suprir a demanda doméstica brasileira, o país encontrou oportunidades no comércio internacional, primeiramente com a Alemanha, fruto de relações com a comunidade de descendentes de imigrantes alemães no Vale dos Sinos. Mais tarde, houve um avanço nas exportações para o mercado norte-americano, competindo por preços baixos com os tradicionais produtores do Oeste Europeu (Espanha, Portugal, Itália).

O avanço da estratégia baseada em exportações de produtos sem marca própria, introduzidos nos mercados de destino apenas com apelo de preço baixo, sofreu grande impacto com o avanço da concorrência asiática ao longo das décadas de 1980 e 1990. A empresa, que sempre manteve em seu portfólio produtos com marca e *design* próprio, viu-se obrigada a rever suas estratégias de produção. Até o final da década de 1980, essas estratégias eram baseadas em um sistema de produção com alta escala unitária e baixa diversidade de produtos.

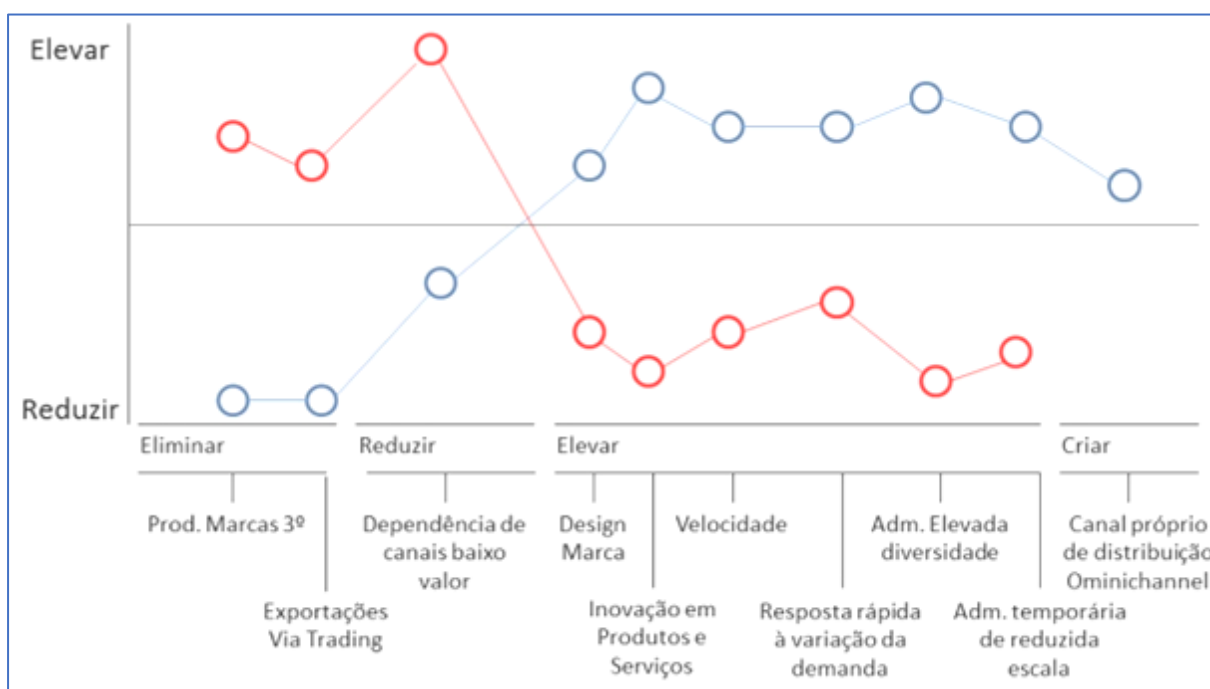
Até o final da década de 1980, seus sistemas de produção operavam com linhas de montagem por fluxo conectado, em uma clara opção estratégica por produção de grandes lotes.

A migração de grandes clientes americanos para produtores da Ásia, exigiu das empresas o estabelecimento de estratégias baseadas em novas dimensões competitivas, fato que impôs a empresa pesquisada a revisão de sua estratégia e modelo de operação. Mergulhada em situação financeira complexa, resultado de altos investimentos com capital de terceiros, e ao final da década de 1980, vendo a demanda sofrer redução drástica, a empresa buscou reposicionar-se no mercado nacional.

O modelo de escolha de dimensões competitivas identifica as escolhas estratégicas da empresa na busca pela retomada de vantagem competitiva frente

aos seus concorrentes nacionais, e evidencia a direção estratégica pretendida por seus dirigentes no início da década de 1990 - Figura 12.

Figura 12: Modelo simplificado representando a alteração da estratégia de negócios e produção na empresa pesquisada



Fonte: Empresa pesquisada

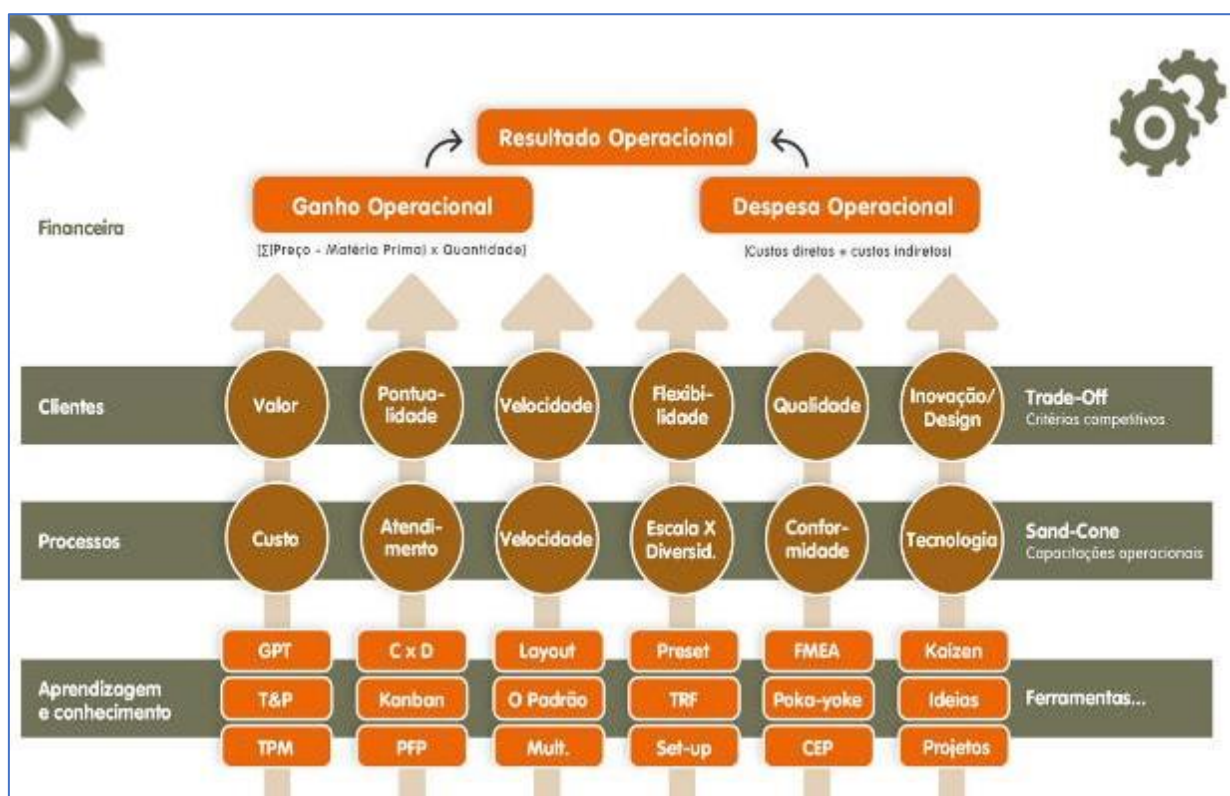
Na Figura 12, está representado o desejo estratégico de desenvolver mais profundamente os temas da marca e do *design*, aumentando a variedade de produtos - aumentando, assim, a diversidade e se preparando o mais rapidamente possível para variações da demanda, com escala de vendas reduzida. Isso implica em dar prioridade às dimensões competitivas, inovação, velocidade — lead time rápidos de atendimento ao mercado e atendimento às datas. A mesma estratégia de negócios, com desdobramentos em termos da estratégia de produção, previa a eliminação da produção de marcas de terceiros e exportações via trading e, ainda, considerava essencial a redução na dependência de canais de baixo valor agregado. A estratégia previa, ainda, a criação de um canal próprio de distribuição.

Partindo da estratégia corporativa e da alteração dos atributos e dimensões competitivas, a empresa iniciou um processo lento e gradual de transformação de seus sistemas de produção. A eliminação de sistemas de produção por fluxo conectado talvez tenha sido o primeiro passo de uma longa caminhada na

construção de um sistema de produção que será reconhecido como singular ao longo do tempo.

A Figura 13 apresenta uma representação simplificada da estruturação da estratégia e do sistema de produção da empresa, com o objetivo de conectar-se à estratégia corporativa da mesma.

Figura 13: Estratégia de produção da Empresa Pesquisada



Fonte: Empresa pesquisada

Na Figura 13, é possível observar as conexões propostas pelo modelo Balanced Scorecard (BSC), considerando as dimensões financeira, clientes, processos e aprendizagem/conhecimento, aplicadas a partir da ótica da estratégia de produção da empresa, conforme Kaplan e Norton (2001).

Neste contexto, é desenvolvido o caráter empírico da investigação que trata do tema ligado à modularização de processos, atualmente em desenvolvimento na empresa. Sob a ótica estratégica, este tema da modularização de processos contribui para melhorar a dimensão de flexibilidade da empresa no atendimento às diversas demandas comerciais, permitindo que variados produtos sejam produzidos

a partir de um grupo restrito de processos. Além disso, é relevante destacar que o tema também está associado à dimensão da redução de custos, contribuindo assim para a dimensão competitiva de custos.

4.3 Apresentação do Cenário Inicial do Sistema de Produção da Empresa e do Setor de Corte e Costura

É importante para o leitor compreender a situação da empresa e, especificamente, do sistema de produção da empresa quando foi decidido pela geração/criação de um método de modularização de processos. Em especial, foram descritas e analisadas as operações de manufatura de corte e costura do produto industrializado pela empresa pesquisada. Isso foi feito com o intuito de compreender os fluxos vigentes no corte e costura, a fim de compreender o fluxo do objeto de trabalho no tempo e no espaço (SHINGO, 1996).

Na Tabela 1, foi efetivada uma classificação na empresa investigada envolvendo uma matriz de classe de produto X classe de processo de produção.

Tabela 1: Classificação de Produtos x Quantidade de Processos

Classificação: Tipo Produto / Tipo Processo	Costura s/preparação	Alta- Frequência	Fusionamento	Prensado
ESPORTIVO - A	O O O O	X X X X	+ + + +	/////
ESPORTIVO - B	O O O O	X X X X	+ + + +	/////
ESPORTIVO - C	O O O O	X X X X		/////
ESPORTIVO - D	O O O O		+ + + +	/////
ESPORTIVO - E	O O O O	X X X X	+ + + +	/////

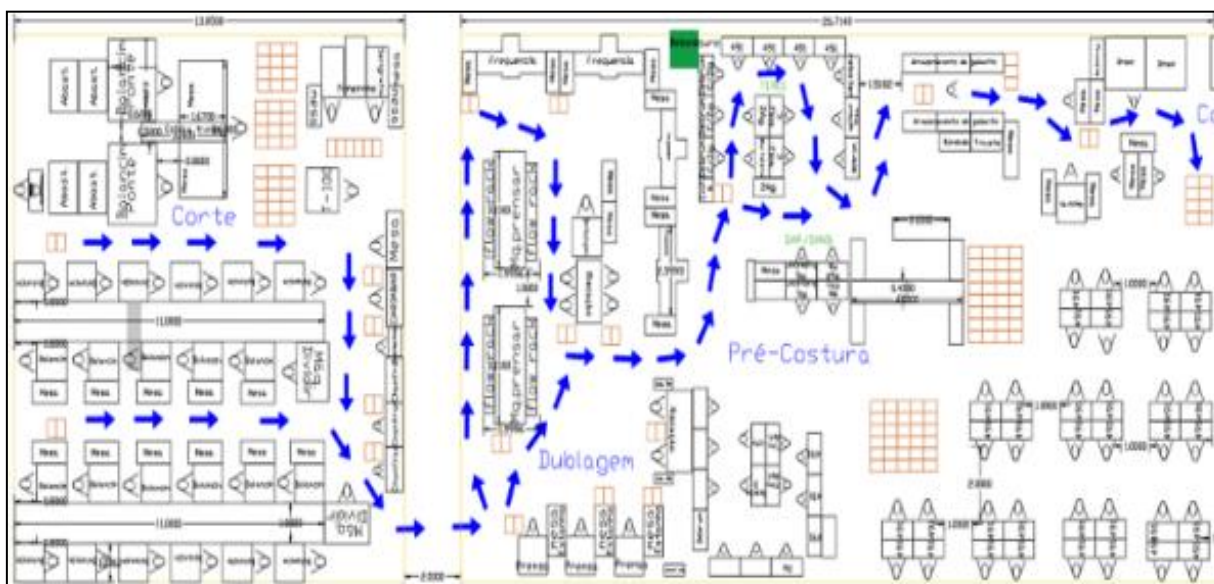
Fonte: Empresa pesquisada

Pode-se observar que, em cada classificação de produto, existe uma quantidade pré-estabelecida de processos. Na classificação de calçados esportivos, pode-se notar que os produtos passam por até quatro tipos diferentes de processos,

a saber: i) costurados sem preparação; ii) com alta frequência; iii) com fusão; iv) prensagem das peças nos cabedais.

Neste cenário, foi feita uma análise preliminar do processo produtivo para identificar as oportunidades existentes, com a intenção de compreendê-las, incluindo, aí, as sequências dos processos. Na Figura 14, é apresentado o Diagrama de Espaguete do cenário inicial da análise, considerando os processos de corte, dublagem, pré-costura e costura de um determinado conjunto de modelos.

Figura 14: Fluxo do trabalho no cenário inicial



Fonte: Empresa Investigada.

O objetivo desta etapa foi identificar o fluxo do trabalho no tempo e no espaço dos produtos e, simultaneamente, identificar possíveis perdas ou melhorias nos processos que constituem o sistema produtivo. Neste contexto, a área útil utilizada no layout foi de 15 metros de largura por 25 metros de comprimento, totalizando 375 metros quadrados. Observou-se, na análise dos fluxos no contexto do layout do sistema produtivo, um desordenamento causado por um fluxo de produção não linear, que pode ser visualizado como uma teia, na qual cada produto ou processo possui sua própria rota de produção. Os produtos não seguem um fluxo contínuo, fazendo uso de máquinas singulares, ou seja, específicas para cada tipo de produto ou processo.

O sistema produtivo da empresa caracteriza-se pela forma "empurrada", com fluxo físico e de informação no mesmo sentido. Ou seja, a produção gera estoques

em processo/estoques intermediários, independentemente da real necessidade do cliente interno seguinte, e "empurra para a frente" os produtos.

A partir dos dados coletados, observou-se que, para executar todas as operações, é necessário um elevado número de ativos de capital (máquinas). Para o processamento, geralmente, são utilizados ativos singulares, nos quais é exigida alta qualificação dos operadores, pois trata-se de um trabalho com grande conteúdo artesanal. Em algumas classes de produtos, chega-se a utilizar até seis tipos de ativos de capital distintos para concluir uma etapa do processo de fabricação.

Com a coleta de dados, determinou-se o tempo médio de processamento de cada etapa do processo para a fabricação de um par de calçado. A Tabela 2 explicita o tempo de ciclo das operações para as etapas que envolvem a transformação da matéria-prima.

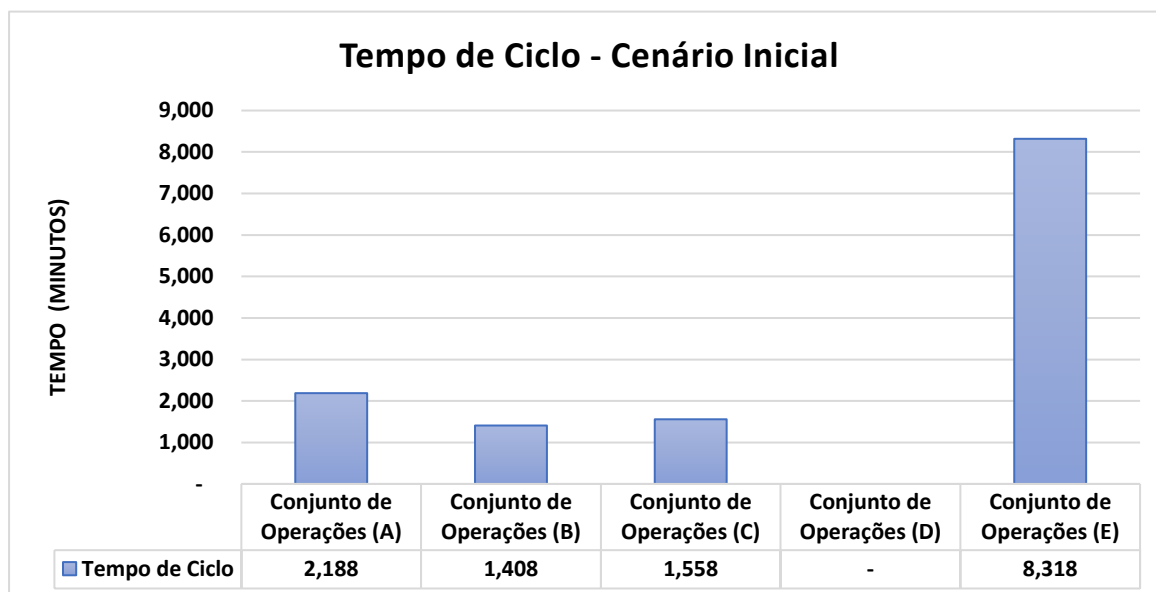
Tabela 2: Descrição do processo cenário inicial

Sistema Inicial - Costura no Método Convencional			
Descrição das Operações	Tempo Padrão	Custo Minuto	Custo
Conjunto de Operações A	2,188	0,550	R\$ 1,20
Conjunto de Operações B	1,408	0,550	R\$ 0,77
Conjunto de Operações C	1,558	0,550	R\$ 0,86
Conjunto de Operações D	0,00	0,550	R\$ 0,00
Conjunto de Operações E	8,318	0,550	R\$ 4,57
Tempo Total --- >>	13,472	0,55	R\$ 7,41
Custo Total da mão-de-obra por par:			R\$ 7,41

Fonte: Empresa pesquisada

No Gráfico 1, é possível observar uma síntese dos tempos de ciclo médio das várias operações envolvidas no fluxo da cena no cenário inicialmente descrito aqui.

Gráfico 1: Tempo de ciclo médio do método de cenário inicial



Fonte: Empresa pesquisada

A avaliação do estado atual teve como objetivo identificar os principais pontos de desperdício no processo produtivo, conforme listado abaixo:

- Tempo de Ciclo de 13,472 minutos por par;
- Custo da mão-de-obra de produção de R\$ 7,41 por par;
- Espaço físico utilizado de 375 m²;
- Quatro tipos de processos diferentes: costura s/preparação, alta-frequência, fusionamento e prensado.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

5.1 Considerações Iniciais;

Neste capítulo, é apresentado o desenvolvimento do método. Inicialmente, será apresentado o método proposto em sua versão M0. Assim, serão explicitados os passos lógicos utilizados para a proposição do artefato M0 em sua versão preliminar, bem como a sua instância na empresa calçadista que serviu como laboratório para o desenvolvimento do método. Na sequência, é apresentada uma avaliação crítica do Método M0, colocando os elementos que necessitam ser modificados e

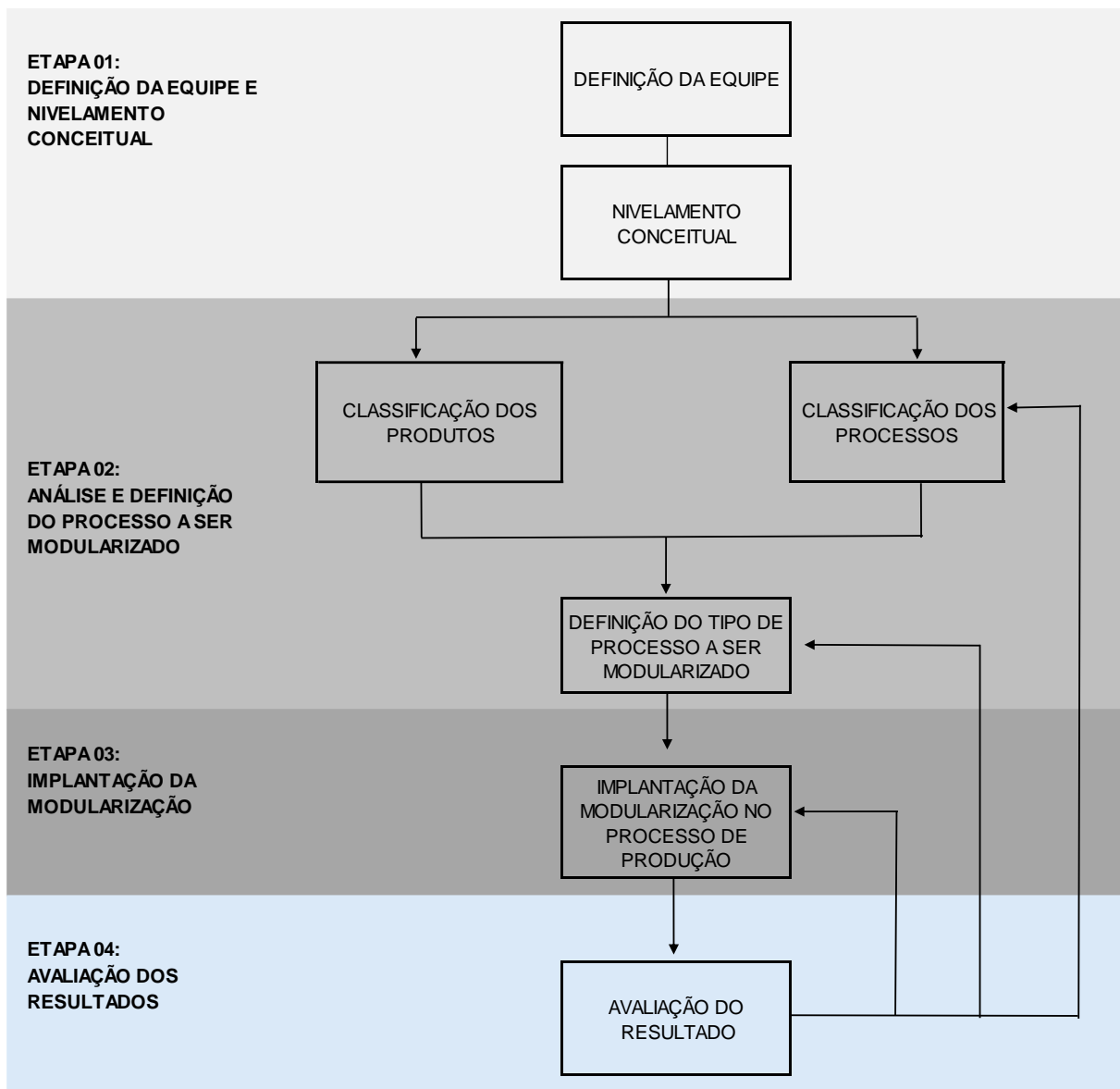
melhorados. Isso serve de base para o desenvolvimento do próximo item, que é a proposição do Método M1, que é o resultado desta dissertação.

5.2 Método - M0

A ideia macro do método M0 está dividida em quatro macro etapas (macro passos) a saber: i) definição da equipe e nivelamento conceitual; ii) análise dos Processos e Produtos; iii) modularização do processo; iv) avaliação dos resultados obtidos. A noção perseguida é que, uma vez executados esses passos lógicos, possa-se chegar a um bom termo na implantação da modularização do processo em sistemas produtivos, em empresas da indústria de calçado. Neste sentido, é necessário que o método traga as definições necessárias para a empresa escolher, por meio de uma análise matricial do tipo produto e processo, os itens que participarão da modularização do processo. Posteriormente, será implantado o processo de modularização e, a partir daí, serão avaliados os resultados obtidos por meio de indicadores previamente selecionados.

O procedimento simplificado para aplicação do método proposto M0 pode ser visualizado na Figura 15.

Figura 15: Método proposto M0



Fonte: Elaborado pelo autor

As próximas seções desse capítulo descrevem detalhadamente cada passo do método.

5.2.1 Definição da equipe e nivelamento conceitual

O objetivo inicial do método é preparar o ambiente de trabalho para aplicar o conceito de processos modulares, o qual afeta diferentes áreas da cadeia de valor. Isto inclui mudanças nas funções de produção/manufatura, engenharia, desenvolvimento de produtos, controle da qualidade, entre outras.

Neste contexto, é essencial que a alta administração não apenas coordene estrategicamente a mudança proposta, mas também participe ativamente do treinamento teórico e prático sobre o nivelamento conceitual proposto. A ideia, portanto, consiste em envolver as principais pessoas de todos os setores da organização, com o intuito de promover o alinhamento entre todas as esferas de gestão.

Para a parte prática do treinamento, define-se um produto relevante no portfólio da empresa para que os participantes possam, de forma intuitiva, fazer uma análise preliminar dos processos que constituem o sistema produtivo. O objetivo é identificá-los e compreendê-los da maneira mais aprofundada possível, empregando uma visão sistêmica ampla. De forma mais geral, busca-se romper os paradigmas em grupo, por meio do teste prático do conceito da modularização de processo.

Ainda assim, o Gerente de Engenharia da empresa foi designado como o profissional responsável pela condução do projeto. Diversos profissionais considerados "chave" no contexto do fluxo de valor da empresa participaram do grupo de trabalho, tais como: i) diretor de competitividade; ii) gerente industrial; iii) gerente de qualidade; iv) gerente de desenvolvimento de produtos; v) gerente de manutenção; vi) coordenador de engenharia; vii) engenheiros de produto e viii) engenheiros de processos envolvidos com o tema em questão.

O escopo da definição da equipe para aplicação do método proposto M0 pode ser visualizado na Figura 16.

Figura 16: Escopo do método M0

ESCOPO DO MÉTODO (M0)		
Nome do projeto: MODULARIZAÇÃO DO PROCESSO DE COSTURA		
Departamento/Área: ENGENHARIA		
Suporte Executivo: ROSNALDO SILVA		Líder do Projeto: MILTON WALKER
Time de trabalho: MILTON, ROSNALDO, LENDRO SPINDLER, ANTONIO, ÉDERSON, LAONE, MATHEUS, MAURICIO, JEFERSON MACHADO E ALESSANDRO.		
Data (Início): 01/04/23	Data (Fim)Previsto: 29/09/2023	Data (Fim)Realizado:

Fonte: Elaborado pelo autor

O treinamento teve como foco principal a sensibilização da direção e das principais áreas envolvidas no processo de modularização, explicitando a

importância da aplicação deste conceito para a melhoria dos resultados econômico-financeiros da empresa. Além disso, os profissionais envolvidos tiveram a oportunidade de se familiarizar com os novos termos e conceitos utilizados ao longo do método.

Como resultado desta etapa do processo, a ideia é que os participantes estejam aptos a compreender e aplicar o conceito de processos modulares em suas respectivas áreas de atuação. Além disso, a sensibilização da direção e das principais áreas da empresa é fundamental para o sucesso da implementação deste método, uma vez que a modularização envolve mudanças e adaptações em diversos processos e setores da empresa.

É importante destacar que a capacitação dos profissionais é um importante passo para a aplicação efetiva da modularização, pois eles serão responsáveis por identificar e implementar as melhorias necessárias em suas respectivas áreas e processos de influência. Portanto, é fundamental que todos os envolvidos estejam alinhados e preparados para atuar de forma integrada e colaborativa durante todo o tempo de duração do projeto e seus respectivos desdobramentos operacionais.

Em resumo, o treinamento/capacitação foi uma etapa essencial para preparar o ambiente de trabalho e os profissionais da empresa para a aplicação do conceito de processos modulares. Com a sensibilização da direção e a capacitação dos principais envolvidos, espera-se que o método seja aplicado efetivamente e gere resultados positivos para a empresa, tornando-a mais competitiva e eficiente. O registro do treinamento pode ser visualizado na Figura 17.

Figura 17: Treinamento conceitual método de modularização



Fonte: Empresa pesquisada

Como resultado desta etapa do método, tem-se: i) a sensibilização da direção e das principais áreas da empresa envolvidas na modularização e suas interações

com o processo; e ii) os profissionais envolvidos estão muito mais familiarizados com os novos termos que serão frequentemente utilizados ao longo do desenvolvimento conceitual e de aplicação do método de modularização de processo proposto.

5.2.2 Classificação dos Produtos

Para a classificação dos produtos a serem modularizados, foi utilizado a Tabela 80/20. Esta é uma ferramenta utilizada para identificar os produtos mais importantes de uma empresa, baseada na ideia de que 80% dos resultados são gerados por 20% dos esforços. Para utilizar a Tabela 80/20 na classificação dos produtos, foi necessário seguir os seguintes passos:

- Identificar todos os produtos da empresa por nicho: O primeiro passo foi listar todos os produtos comercializados pela empresa, dividindo-os por nicho. A empresa na qual o método foi aplicado apresenta um portfólio de 40 nichos de produtos, segmentados em um mix de 220 produtos, distribuídos em cinco categorias: tênis, calçados casuais, sapatilhas, sandálias e botas.
- calcular o faturamento de cada produto por nicho: com a lista de produtos, foi calculado o faturamento de cada um deles, considerando o valor unitário e a quantidade vendida em determinado período. Este período sofre influência da sazonalidade do mercado a ser analisado.
- calcular o percentual de cada nicho de produto em relação ao faturamento total: com a lista ordenada, é necessário calcular o percentual que cada produto representa em relação ao faturamento total da empresa e classificá-los de acordo com a Tabela 80/20. Os 20% do nicho de produtos que representam 80% do faturamento da empresa será classificado como classificação de produtos A. Já os 80% restantes serão classificados como produtos B.
- Analisar os produtos classificados como A: Os produtos classificados como A são considerados os mais importantes para a empresa, uma vez que geram a maior parte do faturamento. É essencial analisar esses produtos para compreender quais são suas características distintivas e como podem ser explorados de forma mais adequada.

Tabela 3: Análise do ciclo 80/20

Pareto	Classificação dos Nichos de Produtos	Quantidade de Linhas de produtos	Quantidade de produtos	% Faturamento
A	ESPORTIVOS	17	78	75,66%
B	CASUAIS	8	36	10,48%
	SANDALIAS	9	72	9,76%
	SAPATILHAS	3	16	2,35%
	BOTAS	3	18	1,75%
Total do Período Analisado:		40	220	100,00%

Fonte: Empresa pesquisada

Ao utilizar a Tabela 80/20 para classificar os produtos, a empresa pode identificar quais são seus produtos mais importantes no momento da análise e focar seus esforços e recursos nesses itens, buscando aumentar ainda mais seu faturamento. Além disso, essa ferramenta também pode auxiliar na tomada de decisões estratégicas e no planejamento de ações para a gestão dos produtos da empresa.

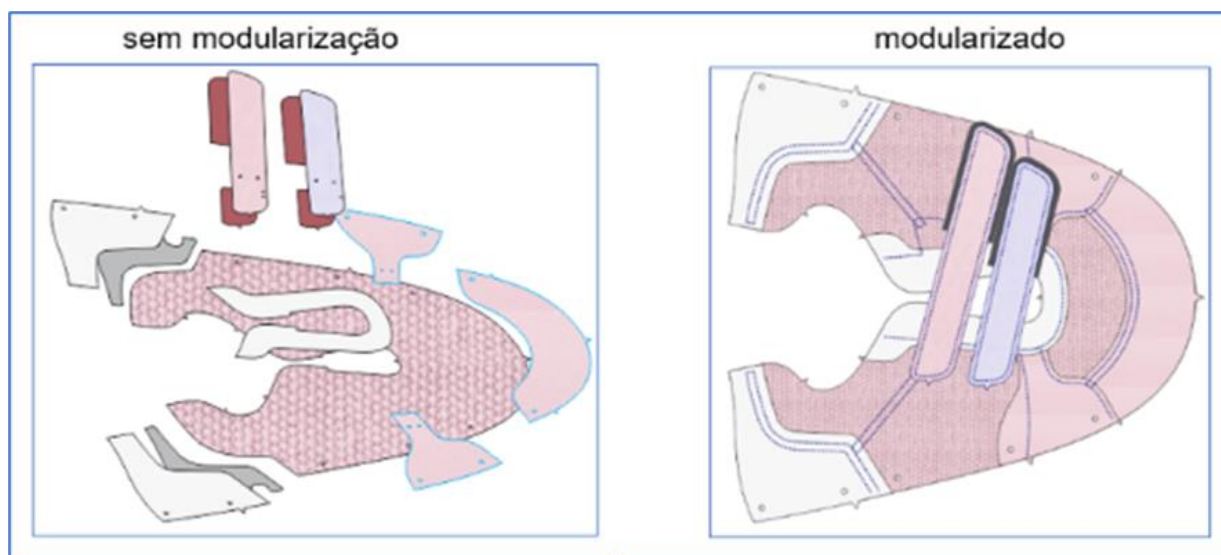
O objetivo principal deste passo é simplificar o portfólio, a fim de evitar o direcionamento de esforços para produtos que não trazem resultados significativos para a empresa. Além disso, busca-se compreender o histórico do comportamento do portfólio de produtos.

5.2.3 Classificação dos Processos

Um aspecto chave da modularização é sua capacidade de ampliar a flexibilidade e a escalabilidade do sistema. Como cada módulo é autônomo, é viável adicionar, excluir ou modificar um módulo sem impactar os demais, permitindo uma adaptação mais simples do sistema às novas necessidades e tecnologias (ROTH, Stephan, 2021).

A modularização é um modo eficaz de organizar processos complexos, desmembrando-os em tarefas mais simples que podem ser gerenciadas individualmente e ainda trabalharem em conjunto. O principal desafio nessa abordagem é desenvolver formas eficazes de conexão entre as partes. Na Figura 18, é possível observar vários módulos de processos produzidos separadamente, seguindo o processo de costura convencional, e outros aplicando a técnica modular, em que diversos processos formam um único módulo.

Figura 18: Comparativo dos processos sem modularização x modularizado



Fonte: Empresa pesquisada

Na estrutura modular, um módulo implementa apenas uma função principal na sua totalidade. Já na arquitetura/estrutura integral, a funcionalidade está espalhada por todo o processo.

O principal objetivo do setor de costura em uma fábrica de calçados é realizar a união das diferentes partes do calçado, como o cabedal (parte superior do calçado), por meio de técnicas de costura adequadas, garantindo a qualidade e resistência do produto final. O processo de costura de calçados em máquina programada é uma técnica moderna e eficiente que envolve a utilização de máquinas específicas para a realização da etapa de agrupamento das peças, costura e processo de acabamento dos calçados.

Inicialmente, o processo começa com a seleção dos materiais necessários para a produção do calçado, como couro, tecido, sintéticos, lycras, entre outros. Em

seguida, esses materiais são preparados e cortados no formato de acordo com o modelo do calçado que será produzido. Após essa etapa, os materiais, no formato de peças, são fixados em um gabarito de precisão e introduzidos na máquina programada, que é responsável por realizar a costura de forma automatizada.

A máquina de costura programada possui uma agulha e um sistema de alimentação que puxa o material de forma suave e contínua, garantindo a precisão e uniformidade da costura. Além disso, ela também consegue realizar diferentes tipos de costuras, como pesponto, zig-zag, reforços, entre outras, conforme a necessidade do modelo.

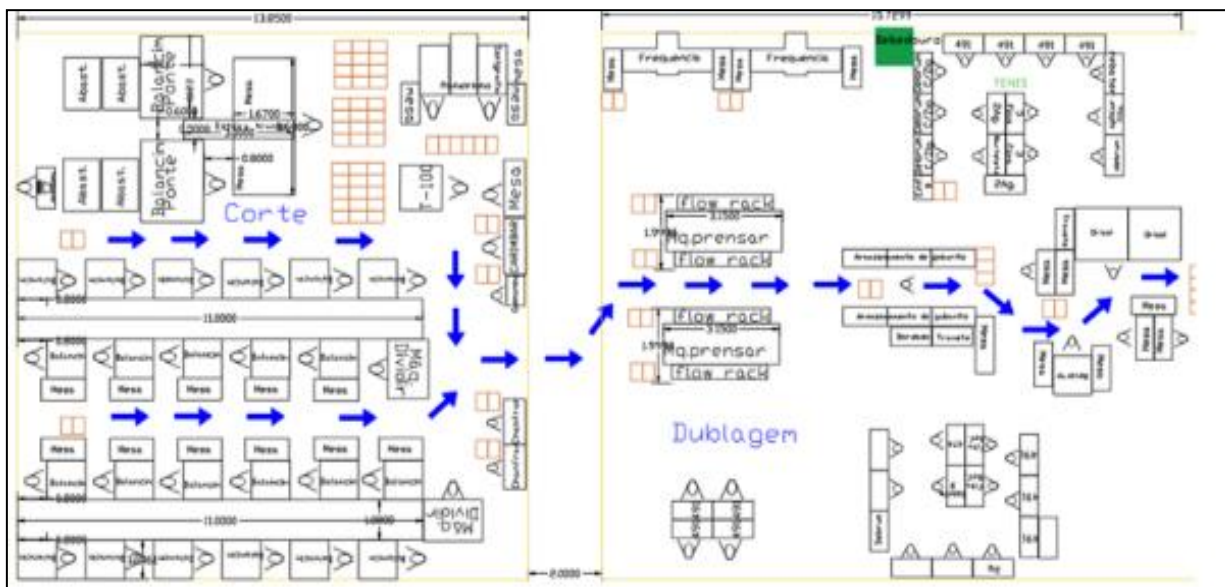
Todo o processo de costura de calçados em máquina programada é realizado de forma rápida e precisa, garantindo a produção de calçados de qualidade e com um acabamento impecável. Além disso, a técnica de costura programada permite uma maior produtividade e eficiência na fabricação dos calçados, atendendo às demandas do mercado de forma ágil e satisfatória.

5.2.4 Definição do tipo de processo a ser modularizado

Com base na análise do método inicialmente utilizado, buscou-se visualizar/conceituar o sistema produtivo, não a partir de uma lógica segundo a qual os processos são um somatório de operações (visão típica do paradigma taylorista/fordista), mas sim que o sistema produtivo se constitui, conforme propugnado pelo Sistema Toyota de Produção, por meio do conceito do Mecanismo da Função Produção (MFP), como uma rede de processos e operações (Shingo, 1996). A função Processo/Processo é caracterizada pelo acompanhamento do fluxo de materiais (objeto de trabalho) no tempo e no espaço. Já a função Operação/Operação consiste no acompanhamento do fluxo de pessoas e equipamentos (sujeito do trabalho) no tempo e no espaço (Shingo, 1996).

Para o desenho do estado futuro, foi analisada a parte do sistema produtivo que envolve os processos de corte e costura de um conjunto de modelos - Figura 19.

Figura 19: Fluxo do trabalho no cenário proposto – Corte e Costura



Fonte: Empresa pesquisada

O objetivo desta etapa foi identificar o fluxo do trabalho no tempo e no espaço, bem como identificar as possíveis melhorias no processo. Neste contexto, a área útil utilizada no layout foi de 15 metros de largura por 20 metros de comprimento, totalizando 300 metros quadrados.

A partir dos dados coletados, observou-se que no setor de Costura, os processos poderiam ser simplificados, não havendo necessidade de costurar as várias peças separadamente em máquinas singulares. A nova proposta consiste em realizar a costura utilizando máquinas programadas, reduzindo, assim, a quantidade de processos no setor de costura.

Outro aspecto importante na alteração do layout de produção foi a diminuição da variedade de processos. Isso significa que, ao invés de produzir as peças em uma grande variedade de processos, se limitou o posicionamento das peças diretamente no gabarito de precisão da máquina programada, antes de executar a costura. Essa estratégia permitiu que os processos fossem padronizados e simplificados, facilitando o controle de qualidade e reduzindo o tempo de produção.

Na Figura 20, observa-se que as peças foram posicionadas diretamente no próprio gabarito de precisão da costura programada, para assim efetuar as costuras fixando as peças.

Figura 20: Processo de costura em máquina programada



Fonte: Empresa pesquisada

O processo de costura em máquinas programadas é muito semelhante ao processo manual, porém apresenta a vantagem de ser mais preciso e rápido. Primeiramente, é necessário desenvolver o projeto para ser aplicado em máquina programada. Após a preparação dos materiais, inicia-se o processo de costura. As máquinas programadas são equipadas com um sistema informatizado que permite a seleção dos pontos de costura desejados e a programação da sequência de operações. Isso garante que cada calçado seja costurado de acordo com seu *design* específico e com alta precisão.

Os programas para costura em máquinas programadas são criados por meio de um software especializado, que permite a elaboração de desenhos e sequências de pontos diretamente no computador. O processo de criação de um programa de costura começa com a escolha do desenho que será utilizado no calçado. Este desenho pode ser criado pelo próprio usuário ou importado de um arquivo externo, como um vetor. Após o desenho ser escolhido, o software gera uma sequência de pontos de costura que irão formá-lo, baseando-se em características como o tipo de material e a largura do ponto desejado.

Adicionalmente, o programa permite a escolha de outros parâmetros, como tipo de agulha, cor do fio e quantidade de vezes que o ponto será repetido. Uma vez finalizado, o programa é transferido para a máquina através de um dispositivo de armazenamento, como um *pendrive*, ou por meio de conexão direta entre o computador e a máquina. Ao iniciar a costura, a máquina lê as informações do programa e executa a sequência de pontos no calçado, criando assim o desenho desejado.

Durante o processo, é possível fazer alterações e ajustes no programa, se necessário. Além disso, a máquina possui tecnologia de reconhecimento de padrões, que permite que o desenho seja alinhado e executado com precisão, garantindo um resultado de alta qualidade.

Em seguida, é feito o corte do material que será utilizado no calçado, como couro, tecido ou material sintético, de acordo com o molde do calçado. Esses materiais são então posicionados no gabarito de precisão e encaixados na máquina, a qual é especialmente projetada para trabalhar com diferentes tipos de materiais.

O gabarito utilizado na costura programada foi feito de poliestireno (PS) um material resistente e durável. Sendo assim, é importante considerar os custos envolvidos na sua produção. Para calcular o custo do gabarito de PS para costura programada, foi necessário considerar alguns fatores, como, o custo e consumo de matéria-prima para a confecção do gabarito, o tempo de produção do gabarito, o custo de pessoal envolvido e a depreciação do equipamento utilizado. Na Tabela 4, é apresentado o detalhamento do custo apurado do gabarito para costura programada.

Tabela 4: Custo do gabarito para costura programada

CUSTO DO GABARITO DE POLIESTIRENO (PS)			
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS	CONSUMO	PREÇO M.P.	CUSTO
POLIESTIRENO (PS) VIRGEM CHAPA NV BR 1100x79x1.50MM	0,40000	15,75	R\$ 6,30
PINOS DE FIXAÇÃO DO GABARITO 2,5MMx10MM	12,00000	0,48	R\$ 5,76
PINOS DE CENTRALIZAÇÃO DO GABARITO 6MM	2,00000	0,53	R\$ 1,06
ETIQUETA QRCOD	1,00000	0,02	R\$ 0,02
FITA PAPEL PARA FIXAÇÃO DO GABARITO	0,50000	0,27	R\$ 0,14
Custo MP:			R\$ 13,28
DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES	TEMPO PADRÃO	CUSTO MINUTO	CUSTO
M.O CORTE DO POSICIONADOR PS	1,500	0,550	R\$ 0,83
M.O CORTE DA BASE PS	1,500	0,550	R\$ 0,83
M.O. MONTAGEM DO GABARITO E COLAR QR CODE	2,500	0,550	R\$ 1,38
Tempo Total:		5,500	Custo M.O: R\$ 3,03
CUSTOS TOTAL M.P. + M.O.:			R\$ 16,30
MÁQUINA CORTADORA A LASER - MODELO DJ-1490 100W:			R\$ 35.650,00
CUSTO COM DEPRECIAÇÃO DO EQUIPAMENTO:			R\$ 0,25

CUSTO TOTAL POR GABARITO: R\$ 16,55

Fonte: Empresa pesquisada

Somando todos os custos, o custo total por gabarito foi de R\$16,55. É importante ressaltar que este valor pode variar conforme os custos reais da matéria-prima, pessoal (mão-de-obra) e equipamentos utilizados, bem como o tempo de produção e a complexidade do modelo do gabarito. Em resumo, para a confecção de um gabarito utilizado para executar a costura programada, é necessário considerar o custo da matéria-prima, tempo de produção, pessoal (mão-de-obra) e depreciação do equipamento.

Após o posicionamento das peças que compõem o cabedal do calçado no gabarito de costura, inicia-se o processo de costura. As máquinas programadas são equipadas com um sistema informatizado que permite a seleção dos pontos de costura desejados e a programação da sequência de operações. Isso garante que cada calçado seja costurado de acordo com o seu *design* específico e com alta precisão.

Durante o processo de costura, as máquinas programadas realizam várias operações, como, costurar, alinhar e cortar linhas. Essas operações são feitas automaticamente, seguindo o padrão de costura programado, sem a necessidade de intervenção manual. Isso aumenta a velocidade da produção e a qualidade do acabamento. Além disso, as máquinas programadas também podem realizar várias operações simultaneamente, como costurar diferentes partes do calçado ao mesmo tempo, o que é impossível de ser feito manualmente. Isso torna o processo de costura muito mais eficiente e econômico. Em resumo, o processo de costura de calçados em máquinas programadas é realizado por meio de um sistema automatizado que permite maior precisão, velocidade e eficiência na produção, garantindo a qualidade e durabilidade dos calçados. Isso possibilita a produção em larga escala de peças únicas e complexas.

No método de trabalho proposto, é relevante efetivar a análise feita nos processos produtivos, no intuito de identificá-los e compreendê-los em sua totalidade após a aplicação da modularização. Adicionalmente, foram analisadas as operações

de manufatura do produto com propósito de compreender se houve benefícios no fluxo do trabalho no tempo e no espaço.

5.2.5 Implantação da modularização no processo de produção

Durante o processo de fabricação do produto é aplicada a técnica de modularização, que consiste na produção separada de modelos projetados previamente em linhas distintas e, posteriormente, o seu agrupamento para formar o produto. Essa prática confere maior flexibilidade à produção, permitindo que cada módulo seja produzido em grande escala e possa ser utilizado em diferentes produtos. Além disso, em casos de falhas, é possível a substituição individual dos módulos, evitando o descarte do produto em sua totalidade Persson *et al.* (2016).

Para a implantação do método de trabalho proposto, foi elaborado um *framework* de implantação, dividido em três fases, seguido de um experimento piloto (Tabela 5).

Tabela 5: *Framework* - Fases de Implantação do Projeto de Modularização - M0

Atividade	Fases	Descrição das Atividades
Definição do Processo	1ª Fase	<i>Desenvolvimento de processo de preset para a costura programada com a definição do método de trabalho para posicionamento das peças para costura programada.</i>
Modificação do Layout	2ª Fase	<i>Transformação de layout funcional e celular</i>
Treinamento	3ª Fase	<i>Capacitação de colaboradores, organização e identificação dos gabaritos para costura programada.</i>
Experimento Piloto	<i>Fase de Teste</i>	<i>Os testes foram aplicados em dois tipos de produtos específicos denominados como Esportivo: A – B</i>

Fonte: Empresa pesquisada

A modularização no sistema de produção é uma estratégia que visa aumentar a eficiência e flexibilidade na produção, por meio da divisão do processo em etapas e da implementação de tecnologias e métodos específicos em cada uma delas. Nesta descrição/apresentação, é mostrado como foi a implementação de um projeto de modularização em um processo de produção, dividido em três fases distintas, a saber: i) definição do processo; ii) modificação do *layout*; iii) treinamento e experimento piloto.

Na primeira fase, denominada definição do processo, o foco esteve no desenvolvimento de um processo de PRESET para os gabaritos da costura programada. Este processo consistiu na criação de uma configuração pré-definida para os gabaritos utilizados na produção, com a incorporação de processos de diferentes fases em um único posto de trabalho.

A segunda fase, chamada de modificação do *layout*, consistiu na transformação do *layout* de funcional em celular. O *layout* funcional caracteriza-se pela organização por máquinas de acordo com sua função no processo de produção. Já o *layout* celular agrupa as máquinas conforme o produto que produzem, estabelecendo um fluxo linear no sistema produtivo. Nessa fase, foi feita a adequação do *layout* buscando uma maior eficiência e flexibilidade no processo.

Na terceira fase, denominada de treinamento, foi realizada a capacitação dos colaboradores envolvidos no processo de produção. É importante que os colaboradores estejam alinhados com as mudanças implementadas nas fases anteriores e possuam o conhecimento necessário para operar as novas tecnologias e métodos propostos. Além disso, foi necessária a organização, identificação e sensoramento de ferramentas, para que as trocas de produção pudessem ser realizadas eficientemente e sem erros.

Finalmente, foi realizado o experimento piloto, que consistiu na fase de testes do novo sistema/processo de produção implementado. Nesta fase, cinco tipos de produtos específicos foram selecionados para serem produzidos seguindo o novo processo modular. Os resultados foram avaliados e, feitas as correções e ajustes antes da implantação definitiva do processo em uma linha de produção, que contribuíram para as melhorias que levaram ao método M1.

5.2.6 Avaliação do resultado da aplicação do método M0

Após o período de planejamento, testes e ajustes, chega-se finalmente a etapa/fase de avaliação do resultado do método de modularização - M0 - no setor de costura de calçados. Na Tabela 6, é possível visualizar o comparativo entre os dois sistemas.

Tabela 6: Análise entre os dois processos

Sistema Inicial - Costura no Método Convencional			
Descrição das Operações	Tempo Padrão	Custo Minuto	Custo
Conjunto de Operações A	2,188	0,55	R\$ 1,20
Conjunto de Operações B	1,408	0,55	R\$ 0,77
Conjunto de Operações C	1,558	0,55	R\$ 0,86
Conjunto de Operações D	0,00	0,55	R\$ 0,00
Conjunto de Operações E	8,318	0,55	R\$ 4,57
Tempo Total --- >>	13,472	0,55	R\$ 7,41
Custo Total da mão-de-obra por par:			R\$ 7,41

Sistema modularizado - Costura no Método (M0) Aplicando a Modularização			
Descrição das Operações	Tempo Padrão	Custo Minuto	Custo
Conjunto de Operações A	2,188	0,55	R\$ 1,20
Conjunto de Operações B	1,408	0,55	R\$ 0,77
Conjunto de Operações C	0,449	0,55	R\$ 0,25
Conjunto de Operações D	4,187	0,55	R\$ 2,30
Conjunto de Operações E	0,00	0,55	R\$ 0,00
Tempo Total --- >>	8,232	0,55	R\$ 4,53
Custo com Depreciação dos Equipamentos ----- >>			R\$ 0,27
Investimento Total no Projeto = R\$1.769.050,00			
Custo Total p/par c/depreciação ----- >>			R\$ 4,80

Sistema Inicial - Costura no Método Convencional	R\$ 7,41
Sistema modularizado - Costura no Método (M0) Aplicando a Modularização	R\$ 4,80
Diferença entre os dois Sistemas de Trabalho:	-R\$ 2,61
O Sistema Proposto ficou mais barato que o Atual em:	-35,3%

Fonte: Empresa pesquisada

O sistema inicial possui um tempo de produção de 13,472 minutos, gerando um custo de R\$ 7,41 por par fabricado. Após ser implantado o novo processo, o tempo de produção foi de 8,232 minutos por par fabricado e o custo foi reduzido para R\$ 4,80 por par. Dessa forma, os resultados obtidos com o sistema proposto mostraram uma redução do tempo de produção em 39%, em comparação com o sistema inicial. Isso resultou em uma economia de 35,3%, ou seja, R\$ 2,61 por par fabricado. Uma síntese da situação é apresentada a seguir:

- Tempo de Ciclo de 8,212 minutos por par, redução de 39%;
- Redução de custo de R\$ 7,41 para R\$ 4,80 por par, redução de 35,3%;
- Espaço físico utilizado de 300 M², redução de 20%.

No entanto, assim que se iniciou a aplicação nos modelos selecionados, percebeu-se que ainda havia uma série de oportunidades de melhoria que precisavam e poderiam ser abordadas:

- variabilidade da Matéria-Prima: Uma das principais questões que surgiram foi a variabilidade da matéria-prima. Na medida em que foram utilizados diferentes tipos de materiais, como couro, sintéticos, lycras e tecidos, observou-se a existência de espessuras e elasticidades distintas. Isso resultou em dificuldades no processo de costura, pois cada material exigia ajustes e técnicas específicas. Além disso, a variação na qualidade dos materiais também afetava o processo de produção, gerando retrabalhos e impactando diretamente o resultado do calçado.
- variabilidade de pessoal (mão-de-obra): outro fator que contribuiu para a necessidade de melhorias foi a variabilidade intensiva de pessoal (mão-de-obra). Como cada tipo de material e peça exigia técnicas e habilidades diferentes, era necessário que os operadores estivessem constantemente se adaptando e aprendendo novas formas de trabalho. Isso gerava um certo desgaste e, conseqüentemente, impactava na qualidade e na produtividade do trabalho. Também, surgiram problemas operacionais. O posicionamento das peças nos gabaritos de costura programada muitas vezes não tinha a precisão necessária, o

que resultava em desperdício de tempo e de material. Isso também impactava na produtividade e na eficiência do sistema produtivo.

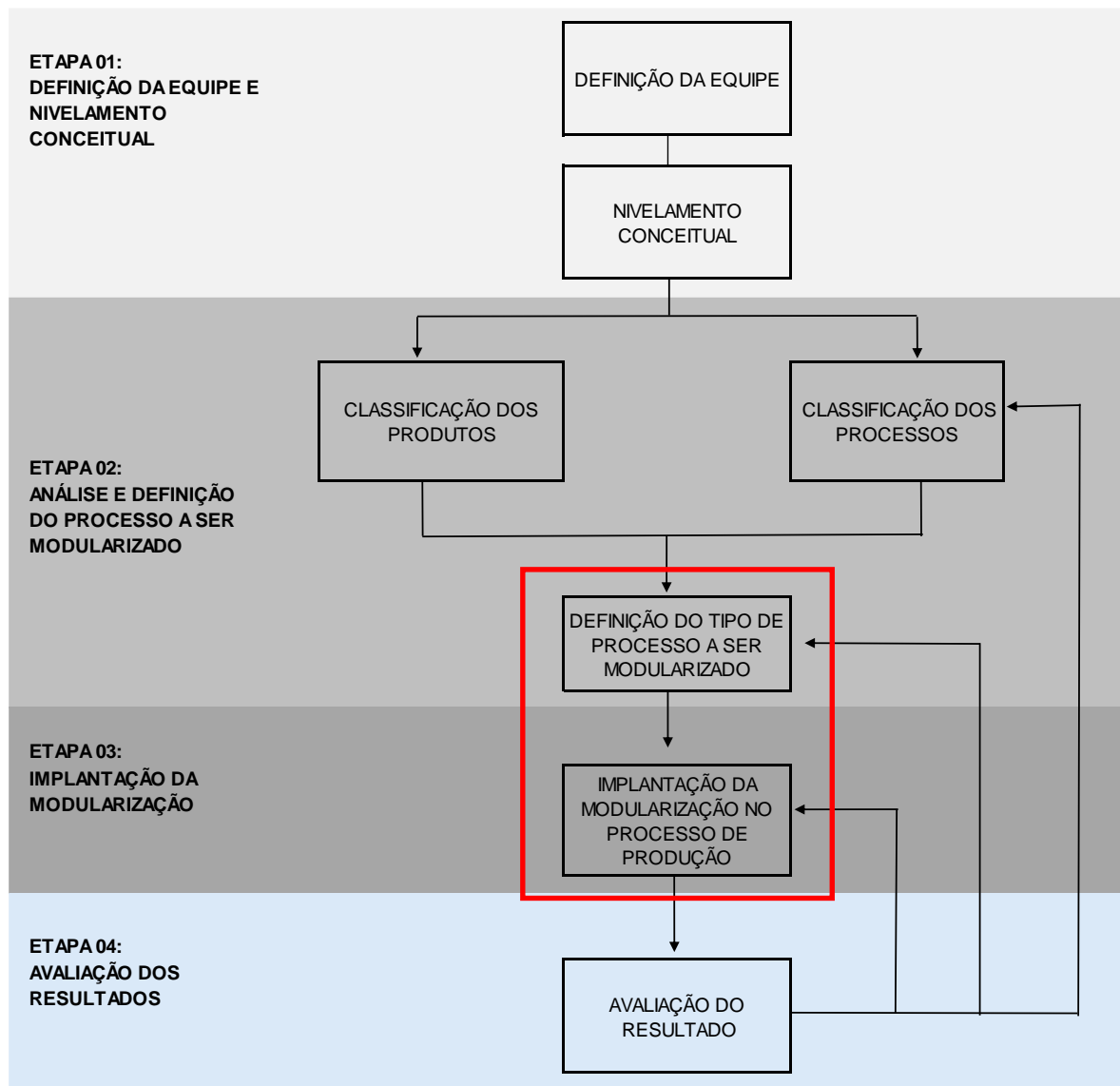
- processo de qualidade das costuras: outro problema enfrentado foi relacionado à qualidade da costura. Infelizmente, em algumas peças, notou-se que a costura estava saindo fora da borda de costura. Isso foi uma constatação extremamente preocupante, pois além de afetar a estética do produto, comprometia sua durabilidade e, conseqüentemente, a satisfação do cliente.

Diante dessas oportunidades de melhoria, iniciamos o processo de aprimoramento do método de implantação - M0 - para um estado futuro. Isso envolve a criação do Artefato M1, o qual será abordado no próximo item.

5.3 Método - M1

Com base nos resultados da implantação, bem como na avaliação crítica dos principais problemas associados à implantação do Método M0, projetou-se o Método M1, corrigindo, essencialmente, as falhas observadas na implantação da etapa 3 do M0. A partir das considerações críticas feitas no item anterior, especialmente em relação aos tópicos associados à variabilidade da matéria-prima, à variabilidade da mão-de-obra e ao processo de qualidade na costura, foi proposto o Método M1, apresentado na Figura 21.

Figura 21: Método proposto M1



Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.1 Definição do tipo de processo a ser modularizado método M1

Após a abordagem da modularização do Método M0, percebeu-se que o posicionamento das peças diretamente no gabarito da máquina programada não estava apresentando os resultados esperados, não tendo a adesão considerável para sustentar o processo de modularização do processo.

Diante dessa constatação, a equipe responsável pela implantação decidiu buscar uma solução para o problema. Após diversas análises e testes, os profissionais envolvidos chegaram à conclusão de que a melhor forma de garantir a

sustentação do processo de modularização seria agrupar as peças antes do processo de costura em máquina programada fazendo em que vários produtos passassem por menos processos, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Classificação de Produtos x Quantidade de Processos, método modularizado

Classificação: Tipo Produto / Tipo Processo	Pespointo sem preparação	Alta Frequência	Fusionamento	Prensado
ESPORTIVO - A		X X X X		
ESPORTIVO - B				////
ESPORTIVO - C		X X X X		
ESPORTIVO - D				////
ESPORTIVO - E		X X X X		

Fonte: Empresa pesquisada

Para viabilizar a nova lógica proposta, foram adotados dois sistemas distintos. O primeiro consistia em prensar as peças em um equipamento específico, de acordo com o modelo e tamanho do calçado, utilizando um gabarito de precisão. Essa técnica permitia que as peças fossem unidas de forma mais precisa e uniforme, facilitando, assim, o processo de costura posterior. O segundo sistema utilizado foi a aplicação de alta frequência. Adotando este sistema, as peças eram fixadas em uma matriz de alumínio com pinos de precisão, fazendo a união de todas as partes que compõem o calçado em sua totalidade.

Com a adoção desses dois sistemas, a empresa conseguiu solucionar o problema e obter uma produção mais eficiente e com maior qualidade. Além disso, os funcionários também se adaptaram melhor a essa nova forma de trabalho, contribuindo significativamente para o sucesso do processo de modularização.

A seguir, ver-se-á a aplicação da modularização no processo de fabricação de calçados, adotando estas duas técnicas: i) alta frequência com o uso de matrizes; ii) prensagem por meio de gabaritos pinados de precisão. No primeiro momento, é

apresentado o sistema de alta frequência utilizado para fazer a soldagem e gravação das peças.

A máquina de alta frequência - Figura 22 - possui mesas de alimentação automáticas, cada lado possui um comando, podendo ser bimanual ou não, que através de seu acionamento, desloca a mesa até a posição de trabalho.

Figura 22: Máquina de Alta Frequência



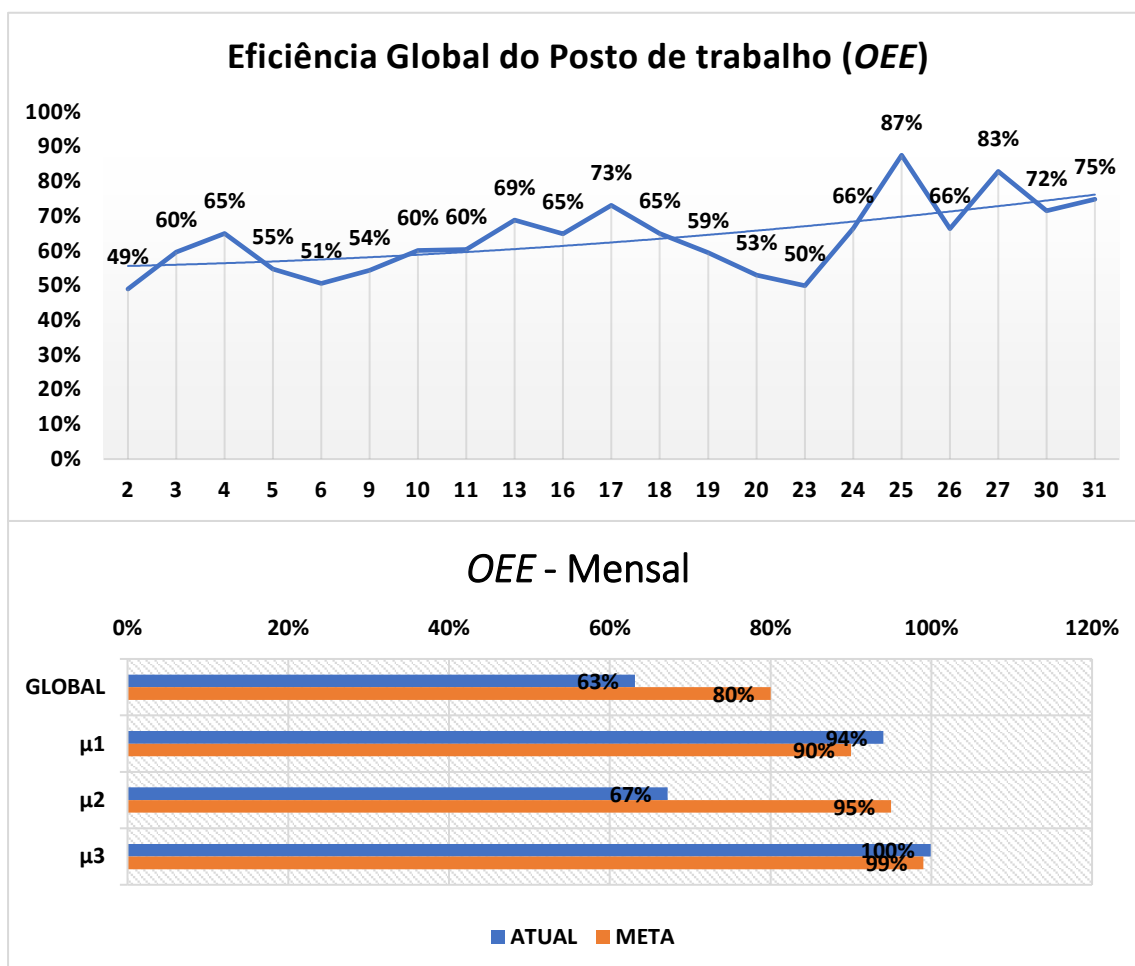
Fonte: Empresa pesquisada

Na máquina, existe um platô que se fecha contra o molde, alimentado com as peças, e realiza a operação de soldagem, fazendo a união do módulo de trabalho. No contexto de diferentes modelos sendo produzidos ao mesmo tempo, o processo de alta frequência - muito empregado na produção de calçados esportivos - é identificado como um gargalo, "recurso com capacidade \leq que a demanda", devido à eficiência que foi observada. A partir da identificação deste problema, foi percebida a oportunidade de elevar a eficiência desses ativos de capital, através da adoção do *Overall Equipment Effectiveness - OEE*, ou da *Total Effectiveness Equipment Performance - TEEP*.

No Gráfico 02, pode-se observar a evolução da eficiência global do posto de trabalho no período de um mês após a aplicação da ferramenta. No início do projeto, o Índice de Rendimento Operacional Global do equipamento (IROG) nos

equipamentos de alta frequência era de 29%. Após a implantação e atuação nas perdas, o índice chegou a 63% de eficiência OEE.

Gráfico 2: Eficiência Global do Posto de Trabalho (OEE)



Fonte: Empresa pesquisada

Antes, os produtos não eram fabricados de acordo com o seu fluxo no tempo e no espaço, que era interrompido nesse setor, para produção em lote, com o objetivo de otimizar a disponibilidade da máquina/molde. Isso resultava em problemas de nivelamento no processo.

A modularização permitiu uma melhoria no fluxo dos produtos, tanto no tempo quanto no espaço. No entanto, tínhamos uma restrição severa no equipamento, que perderia eficiência ao exigir o ajuste de parâmetros a cada troca de ferramenta. Isso levou à necessidade de sensorizar os moldes e reduzir o *setup* a zero na máquina, resultando em ajustes frequentes no tempo e no resfriamento, que variavam de acordo com a área da ferramenta utilizada. Como existem muitos modelos e

tamanhos de calçados, esse ajuste ocorreria em um curto intervalo de tempo entre ciclos.

Foram adicionados o sensoriamento nas máquinas com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* interno. Além disso, no conceito da manufatura 4.0, foram incorporados leitores de códigos de barras nas matrizes para que a máquina pudesse reconhecer os modelos e realizar o autoajuste dos parâmetros de "tempo e pressão" de cada um, diminuindo o tempo de *setup* para praticamente zero.

Na aplicação da modularização, as peças são fixadas em uma matriz de alumínio com pinos de precisão, fazendo a união de todas as partes que compõem o calçado em sua totalidade. Após as peças serem posicionadas na matriz, é feito o processamento na máquina de frequência, como está ilustrado na Figura 23.

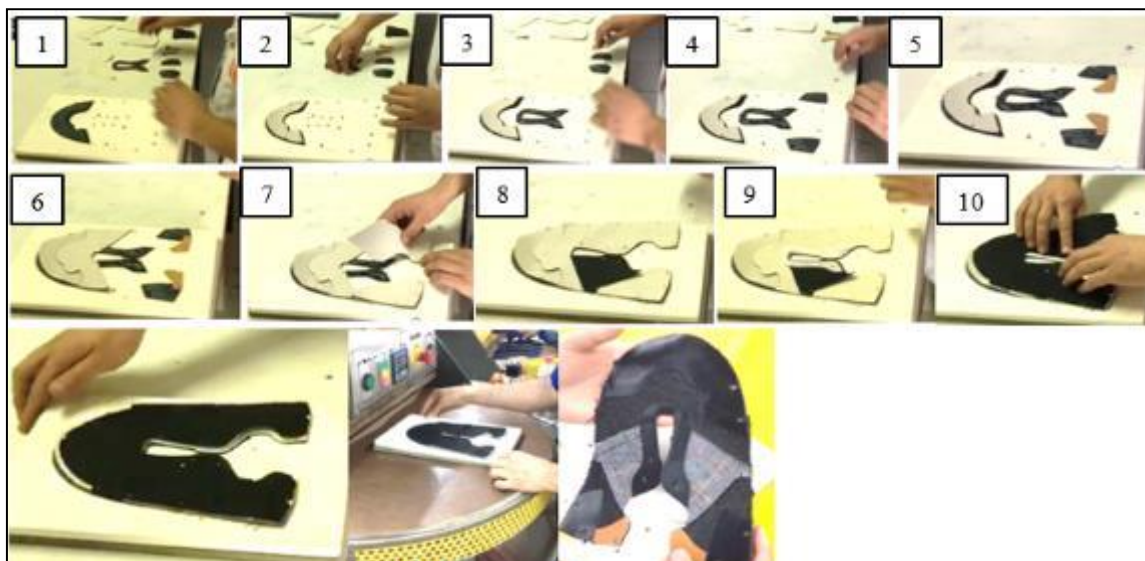
Figura 23: Processo de preparação das peças nos moldes



Fonte: Empresa pesquisada

No processo modular por prensagem, aplica-se o mesmo conceito de posicionamento nas matrizes de alta frequência, não havendo necessidade de cortar várias peças de reforço e pressioná-las individualmente. Foi criado um gabarito de precisão para a prensagem, onde são posicionadas todas as peças do cabedal e uma única peça de reforço, assim efetuando a prensagem conforme está explicitado na Figura 24.

Figura 24: Processo de posicionamento das peças em gabaritos de precisão



Fonte: Empresa pesquisada

Esse calçado pode seguir o seu fluxo, optando por ser costurado ou apenas fazendo a solda com acabamento nas extremidades das peças, para os casos de utilização do processo de alta frequência. No caso da opção de ser costurado, torna-se necessário desenvolver um gabarito para fixação do cabedal e, posteriormente, costurá-lo em máquina de costura programada.

Na Figura 25, observa-se que as peças já foram fixadas em matriz no processo de alta frequência. Elas foram posicionadas diretamente no gabarito de precisão da costura programada para, assim, realizar as costuras nas bordas, garantindo a precisão e qualidade do produto.

Figura 25: Processo de posicionamento das peças em alta-freqüência



Fonte: Empresa pesquisada

5.3.2 Implantação da modularização no processo de produção M1

Para a implementação do método de trabalho proposto (M1), foi elaborado um *framework* de implantação dividido em quatro fases, seguido de um experimento piloto e um experimento real em linha de produção - Tabela 8.

Tabela 8: Framework – Fases de Implantação do Projeto de Modularização - M1

Atividade	Fases	Descrição das Atividades
Desenvolvimento Ativos de Capital	<i>1ª Fase</i>	<i>Desenvolvimento de ativos de capital com elevada capacidade de flexibilidade (introdução de sensoriamento nas máquinas para redução de setup interno);</i>
Definição do Processo	<i>2ª Fase</i>	<i>Desenvolvimento de processo de preset para moldes com incorporação de processos de diversas fases distintas em um único posto de trabalho;</i>
Modificação do Layout	<i>3ª Fase</i>	<i>Transformação de layout funcional e celular;</i>
Treinamento	<i>4ª Fase</i>	<i>Capacitação de colaboradores, organização, identificação e sensoriamento de ferramentas;</i>
Experimento Piloto	<i>Fase de Teste</i>	<i>Os testes foram aplicados em cinco tipos de produtos específicos denominados como Esportivo: A – B – C – D – E</i>
Experimento Real	<i>Início de Implantação</i>	<i>A Implantação em uma linha produção.</i>

Fonte: Empresa pesquisada

A modularização do processo de produção é uma estratégia que visa aumentar a eficiência e flexibilidade na produção, por meio da divisão do processo em etapas e da implementação de tecnologias e métodos específicos em cada uma delas. Neste texto, é mostrado como foi feita a implantação de um projeto de modularização em um processo do sistema produtivo, dividido em cinco fases distintas: i) desenvolvimento de ativos de capital; ii) definição do processo; iii) modificação do *layout*; iv) treinamento; e v) experimento piloto.

A primeira fase, que foi denominada como desenvolvimento de ativos de capital, teve como objetivo a introdução de tecnologias que permitiram uma maior flexibilidade no sistema de produção. Isso foi feito por meio da incorporação de sensoriamento nas máquinas, o que possibilita a redução do *setup* interno, ou seja, a troca de ferramentas e ajustes necessários para a produção de diferentes produtos. Com essa tecnologia, foi possível agilizar o processo de mudança de produção, tornando-o mais eficiente e flexível.

Na segunda fase, que foi denominada Definição do Processo, o foco esteve no desenvolvimento de um processo de *PRESET* para os moldes. Este processo consistiu na criação de uma configuração pré-definida para os moldes utilizados na produção, com a incorporação de processos de diferentes fases em um único posto de trabalho. Isso permite que os moldes sejam utilizados em diferentes produtos, otimizando seu uso e reduzindo o tempo de troca entre eles.

A terceira fase, chamada de modificação do *layout*, consistiu na transformação do *layout* de funcional em celular. O *layout* funcional caracteriza-se pela organização por máquinas de acordo com sua função no processo de produção. Já o *layout* celular agrupa as máquinas conforme o produto que produzem, estabelecendo um fluxo linear no sistema produtivo. Nessa fase, foi feita a adequação do *layout* buscando uma maior eficiência e flexibilidade no processo. Além disso, foi importante a utilização de tecnologias que possibilitaram a rápida mudança de *layout*, facilitando a adaptação às demandas do mercado.

Na quarta fase, denominada "treinamento", foi realizada a capacitação dos colaboradores envolvidos no sistema de produção, com foco nos processos em cena. É importante garantir que esses colaboradores estejam alinhados com as mudanças implementadas nas fases anteriores e possuam o conhecimento necessário para operar as novas tecnologias e os novos métodos propostos. Além disso, foi necessário organizar, identificar e sensoriar as ferramentas, a fim de garantir que as trocas de produção fossem realizadas de forma eficiente e sem erros.

Finalmente, na quinta fase, foi realizado o experimento piloto, que consistiu na fase de testes do novo processo de produção implementado. Nesta fase, dois tipos de produtos específicos foram selecionados para serem produzidos seguindo o novo processo modular projetado. Os resultados foram avaliados e, feitas as correções e ajustes antes da implantação definitiva em uma linha de produção.

Com a implantação do processo modularizado, foi possível obter diversos benefícios, como a redução de custos, aumento da produtividade e flexibilidade, além de uma maior adaptação às demandas do mercado. É importante ressaltar que esse processo exige um planejamento detalhado e um acompanhamento constante para garantir sua eficácia e sucesso do ponto de vista técnico-econômico.

Sendo assim, o desenvolvimento de novos processos, conforme a visão da modularização, faz parte de um processo que envolve diversos setores da empresa, no intuito de atender as necessidades do sistema de produção.

Após um longo período de estudos e testes, iniciou-se a aplicação do artefato no sistema produtivo. Esse avanço tecnológico permite a melhoria da eficiência e redução de custos em diversas etapas do processo de produção, impactando diretamente nas classificações dos produtos.

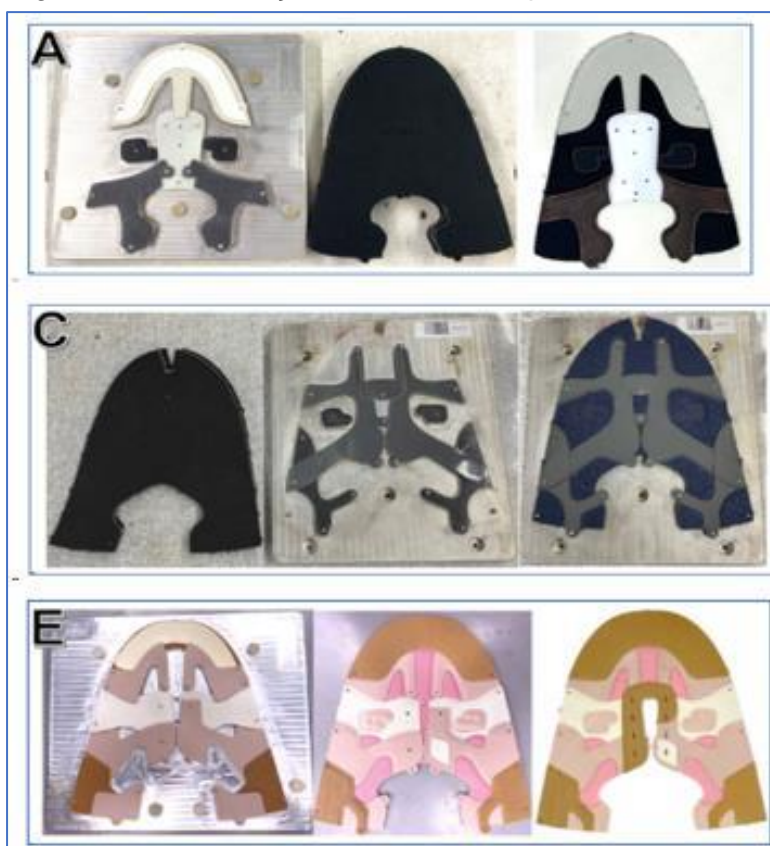
Antes da aplicação do artefato, as classificações dos produtos esportivos - A, B, C, D - eram submetidas a uma quantidade significativa de processos, muitas vezes superiores ao necessário. Por exemplo, praticamente todos os modelos passavam pelo processo de prensagem. Além disso, observava-se a utilização de máquinas singulares, como máquinas de ponto zig-zag, overlock ou máquinas de duas agulhas.

Com a aplicação do novo artefato, tornou-se possível otimizar e reduzir a quantidade de processos necessários para cada tipo de produto. Agora, os produtos esportivos A, C e E são classificados como processo de alta frequência. Enquanto isso, os produtos B e D são classificados como processo de prensa. Além disso, ambos os modelos são costurados em máquinas de costura programadas, passando por um único processo de costura.

Na configuração dos modelos A, C e E as peças posicionadas no molde inferior, o molde superior é abaixado, aplicando pressão sobre elas. Em seguida, é gerada uma corrente elétrica de alta frequência, aplicada por meio de eletrodos localizados no molde superior. Essa corrente elétrica causa a vibração das moléculas dos materiais, gerando calor e fundindo as peças. O calor gerado pela corrente elétrica é controlado e mantido em um nível adequado para garantir que as peças sejam soldadas sem queimar ou danificar os materiais. Após alguns segundos, a corrente elétrica é desligada e os eletrodos são levantados, permitindo que as peças sejam retiradas do molde.

O processo de alta frequência é rápido, eficiente e permite uma união forte e durável entre as peças de calçados. Além disso, é um método limpo, pois não utiliza adesivos ou solventes, como mostrado na Figura 26.

Figura 26: Classificação de Produtos esportivos - A, C e E



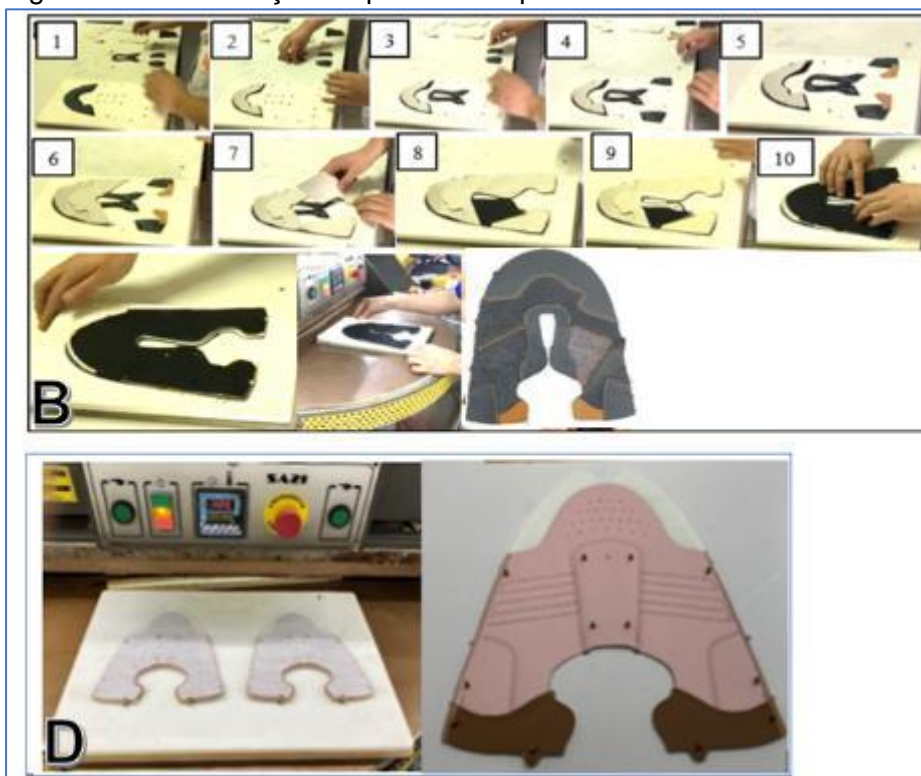
Fonte: Empresa pesquisada

A configuração dos modelos B e D é classificada como processo de prensagem. Este processo consiste em fixar as peças de calçados utilizando prensa com calor. As peças são dispostas em um gabarito de precisão. Posteriormente, após, são submetidos a pressão e calor sobre as peças do calçado para fixá-las em sua forma final. A temperatura e a pressão aplicadas variam segundo o tipo de material utilizado nas peças, como couro, tecido, entre outros. É importante que esses parâmetros sejam controlados com precisão, pois o excesso de calor pode danificar as peças, comprometendo, assim, a qualidade do calçado. Durante a prensagem, o calor amolece o material das peças, permitindo que ele se molde conforme o formato do gabarito. A pressão, por sua vez, garante que as peças fiquem bem fixadas e adquiram uma forma uniforme. Esse processo pode durar alguns segundos, dependendo do tipo de material utilizado.

Finalmente, após o tempo de prensagem, a máquina é desligada e as peças são retiradas da prensa. Nessa etapa, continuam quentes e flexíveis, todos os

modelos passam por resfriamento garantindo a sua forma, como mostrado na Figura 27.

Figura 27: Classificação de produtos esportivos - B e D



Fonte: Empresa pesquisada

5.3.3 Avaliação do resultado da aplicação do método M1 aplicado em ambiente empresarial

A modularização dos processos é um tema relevante para as empresas que buscam melhorar seu desempenho econômico-financeiro, por meio da melhoria da eficiência e da produtividade. Uma das maneiras de alcançar esse objetivo é investir em soluções tecnológicas que facilitem a gestão do fluxo de produtos. Outra maneira é otimizar os fluxos da fábrica por meio de melhorias no layout, visando a redução do tempo e do espaço necessários para o movimento de produtos. Além disso, a melhoria do fluxo de produtos permite que as empresas se tornem mais competitivas, à medida que possam oferecer produtos de melhor qualidade aos seus clientes.

Na Tabela 09 é possível ver o comparativo entre os dois sistemas.

Tabela 9: Análise comparativa na Costura utilizando o Método Convencional, o Método Modularizado

Sistema Inicial - Costura no Método Convencional			
Descrição das Operações	Tempo Padrão	Custo Minuto	Custo
Conjunto de Operações A	2,188	0,55	R\$ 1,20
Conjunto de Operações B	1,408	0,55	R\$ 0,77
Conjunto de Operações C	1,558	0,55	R\$ 0,86
Conjunto de Operações D	0,000	0,55	R\$ 0,00
Conjunto de Operações E	8,318	0,55	R\$ 4,57
Tempo Total --- >>	13,472	0,55	R\$ 7,41
Custo Total da mão-de-obra por par:			R\$ 7,41

Sistema modularizado - Costura no Método (M1) Aplicando a Modularização			
Descrição das Operações	Tempo Padrão	Custo Minuto	Custo
Conjunto de Operações A	1,907	0,55	R\$ 1,05
Conjunto de Operações B	2,088	0,55	R\$ 1,15
Conjunto de Operações C	0,449	0,55	R\$ 0,25
Conjunto de Operações D	2,630	0,55	R\$ 1,45
Conjunto de Operações E	0,000	0,55	R\$ 0,00
Tempo Total --- >>	7,075	0,55	R\$ 3,89
Custo com Depreciação dos Equipamentos ----- >>			R\$ 0,27
Investimento Total no Projeto = R\$1.769.050,00			
Custo Total p/par c/depreciação ----- >>			R\$ 4,16

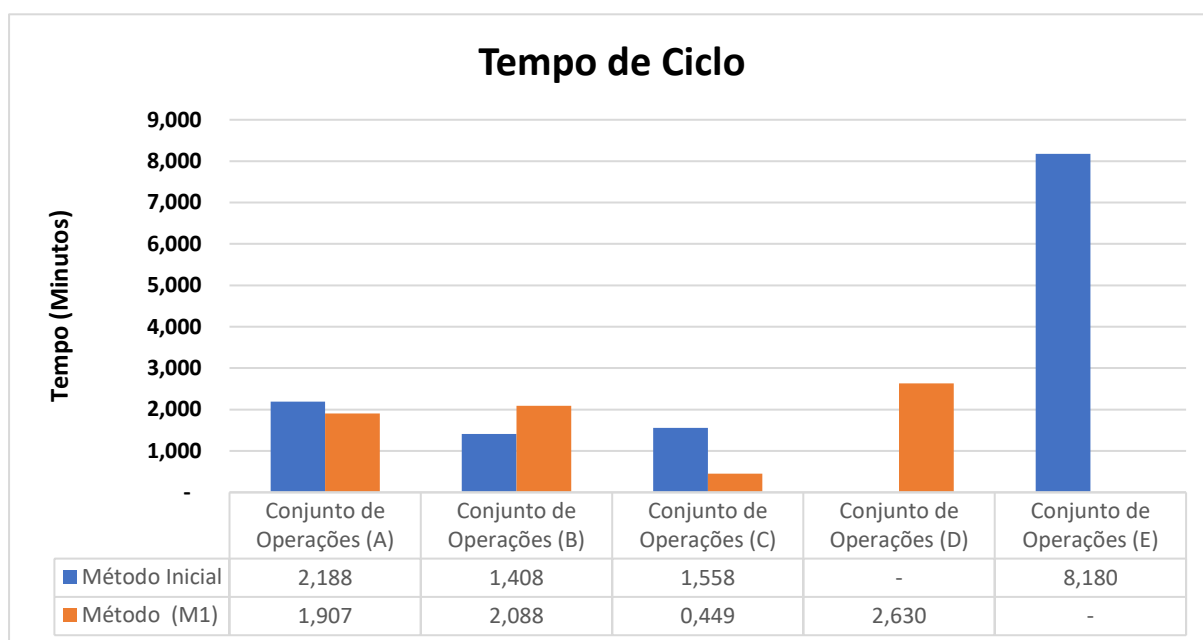
Sistema Inicial - Método Convencional:	R\$ 7,41
Sistema Proposto - Método (M1) Aplicando a Modularização:	R\$ 4,16
Diferença entre os dois Sistemas de Trabalho:	-R\$ 3,25
O Sistema Proposto ficou mais barato que o Atual em:	-43,8%

Fonte: Empresa pesquisada

O sistema convencional possui um tempo padrão de produção de 13,472 minutos, gerando um custo de R\$ 7,41 por par fabricado. Após implantada o novo processo, o tempo padrão de produção passou a ser de 7,075 minutos por par fabricado e o custo calculado de R\$ 4,16 por peça.

Os resultados obtidos com o sistema proposto foram de uma redução do tempo de produção em 47,5% comparado com o sistema inicial. Isso resultou em uma economia de 43,8% ou R\$ 3,25 por par fabricado. Comparando o cenário inicial com o proposto, houve um ganho de flexibilidade e de eficiência nos processos produtivos. No Gráfico 3 é possível observar o comparativo entre os métodos, enfatizando a redução de tempo de ciclo no processo em 47,5%.

Gráfico 3: Comparação dos tempos de ciclo: método inicial e modularizado



Fonte: Empresa pesquisada

Outro ponto relevante a considerar é que, com a implantação do projeto, foi reduzida a dependência de profissionais especializados, cada vez mais difíceis de serem desenvolvidos ou contratados no mercado. Antes, era necessário um número elevado de funcionários especializados para garantir a produção, o que gerava custos adicionais para a empresa. Com as máquinas semiautônomas, o trabalho que antes era realizado por várias pessoas treinadas em costura em máquinas convencionais, agora é feito por pessoas que fazem pequenas interações no

equipamento. Isso resultou em uma redução significativa de custos com mão de obra e pessoal.

Outro aspecto relevante de ser observado com a adoção do método de modularização de processos M1 foi a rapidez na recuperação dos investimentos realizados. Com os cálculos realizados, constatou-se que a empresa investigada conseguirá recuperar o investimento em apenas 10,7 meses. Isso significa que, em menos de um ano, a empresa já obterá lucro a partir da adoção do projeto.

Na Tabela 10, é possível observar os cálculos projetados de produção diária, os investimentos realizados no projeto, o cálculo da redução do custo de produção e o retorno do investimento em meses.

Tabela 10: Cálculo do *Payback* do projeto de modularização de processo – M1

Produção Total	Pares
- Produção ao dia = 4.500 prs x 1 dia útil	4.500
- Produção ao mês = 4.500 prs x 20 dias úteis	90.000
- Produção ao ano = 90.000 x 12 Meses	1.080.000
- Produção ao ano = 1.080.000 x 10 Anos	10.800.000

Investimentos em Ativos de Capital:

Cotação Dólar: R\$5,00

Qtd	Descrição do Ativo de Capital	Valor de Aquisição
8	Máquina de Costura Programada Orisol ONS-3525	R\$ 1.216.000,00
2	Máquina de Alta-Frequência C/Recorte (FX)	R\$ 374.000,00
1	Máquina de Corte a Laser DJ-1490 100W Area 1,40mm x 900mm	R\$ 39.650,00
1	Máquina de Usinar CNC	R\$ 139.400,00
Total:		R\$ 1.769.050,00

Resumo Geral:

Total de Investimentos:	R\$ 1.769.050,00
Custo de Produção Total - Sistema Convencional:	R\$ 30,69
Custo de Produção Total - Sistema Modular:	R\$ 28,85
Redução P/Par:	R\$ 1,84
Quant. de Pares Recuperar o Investimento:	960.918
Quant. de Meses Recuperar o Investimento:	10,7
Valor de Depreciação dos Equipamentos p/par:	R\$ 0,27

6%

Fonte: Empresa investigada

Com um total de investimentos de R\$ 1.769.050,00 a empresa investigada reestruturou sua linha de produção, adotando máquinas semiautônomas que proporcionaram uma redução de 6% no custo de produção por par produzido no sistema de processos modulares. Essa mudança trouxe uma significativa vantagem para a empresa, que pôde oferecer produtos de qualidade a um preço mais competitivo no mercado.

Uma síntese dos resultados obtidos pela aplicação do Método M1 está apresentada a seguir:

- Tempo de Ciclo de 7,075 minutos por par, redução de 47,5%;
- Custo de produção (M1) de R\$4,16 por par;
- Espaço físico utilizado de 300 M², redução de 20%;
- Dois tipos de processos diferentes: alta-frequência ou prensado, redução de 50% dos processos.

6 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo trata dos seguintes tópicos: i) conclusões da dissertação; ii) as limitações observadas na pesquisa; iii) a apresentação de sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

6.1 Conclusões

O contexto econômico atual indica que a concorrência será cada vez mais intensificada entre as empresas, ou seja, observa-se um acirramento da concorrência das empresas nas indústrias em geral, e das empresas que constituem a indústria de calçados em particular. Isso tem como consequência imediata a tendência ao incremento na diversidade dos produtos fornecidos, a necessidade de produção de pequenos lotes, a redução da vida útil desses artigos, bem como a impossibilidade de atingir maiores escalas de produção a partir de uma pequena diversidade de produtos. Nesse contexto, é essencial buscar alternativas que possam, simultaneamente, atender às necessidades de produção e simplificar os

projetos dos sistemas produtivos, aqui entendidos a partir de seus elementos constitutivos: materiais, equipamentos e pessoas.

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo propor um novo método para ser utilizado em sistemas de produção e de manufatura em empresas da indústria de calçados, baseado no princípio da modularização de processos. O trabalho partiu da necessidade da combinação da utilização dos ativos de capital (máquinas, equipamentos, dispositivos, ferramentas) e dos ativos de conhecimento (métodos e pessoas) para conceber e implantar a modularização de processos. É importante ressaltar que todas as proposições partiram da concepção de que os sistemas de produção devem ser visualizados como uma rede de processos - Função Processo - e operações - Função Operação. Neste contexto conceitual e prático, a ideia básica perseguida foi focar na melhoria da Função Processo, ou seja, das melhorias dos fluxos produtivos, visando equacionar, de forma satisfatória, as demandas dos clientes no mercado, com economicidade das soluções propostas.

Sendo assim, uma possibilidade concreta de melhoria do valor agregado para os clientes pode ser alcançada através da utilização de processos modulares, os quais permitem a evolução tecnológica dos módulos especificados sem afetar significativamente a engenharia de produto. Isso permite que a entrega da variedade desejada pelos clientes e, em algumas situações, resulte inclusive em mudanças no preço do produto devido à introdução de inovações tecnológicas. Além disso, essa abordagem gera uma percepção de valor para o cliente.

Robert H. Hayes e Steven C. Wheelwright (1979), no desenvolvimento da disciplina de estratégia de produção, abordam a importância de se estabelecer uma conexão eficaz entre os produtos, os processos de fabricação e os ciclos de vida dos produtos. Neste sentido, os autores propõem uma abordagem integrada entre esses dois elementos que levem as empresas a obterem uma vantagem competitiva. O processo de fabricação é definido como todas as etapas necessárias para transformar matérias-primas em produtos acabados. Já o ciclo de vida do produto é a trajetória que um produto segue desde sua concepção até o seu declínio no mercado. Os autores destacam que, tradicionalmente, esses dois elementos são tratados separadamente pelas empresas, o que pode resultar em ineficiências e perda de oportunidades. Para estabelecer uma conexão entre o processo de fabricação e o ciclo de vida do produto, os autores propõem quatro estratégias:

integração, simplificação, aceleração e inovação. A integração consiste em alinhar os processos de fabricação com as fases do ciclo de vida do produto, garantindo que a produção esteja conforme a demanda do mercado. A simplificação envolve a redução da complexidade dos processos, a fim de aumentar a flexibilidade e a eficiência. A aceleração se refere à redução do tempo de produção, que pode ser alcançada através da melhoria dos processos e da utilização de tecnologias avançadas. Por fim, a inovação consiste na introdução de novos processos e produtos, antecipando as necessidades e tendências do mercado. O método aqui proposto de modularização de processo insere-se diretamente na tentativa de simplificar a produção nos sistemas produtivos de calçado.

A modularização de processos aqui proposta envolveu uma combinação de alterações/melhorias no sistema de produção e no sistema de manufatura (máquinas, ferramentas e dispositivos em si). No entanto, todas as proposições foram pautadas, como proposto por Shingo (1996), através da noção do Mecanismo da Função Produção, na busca de melhorias centradas na simplificação dos fluxos produtivos.

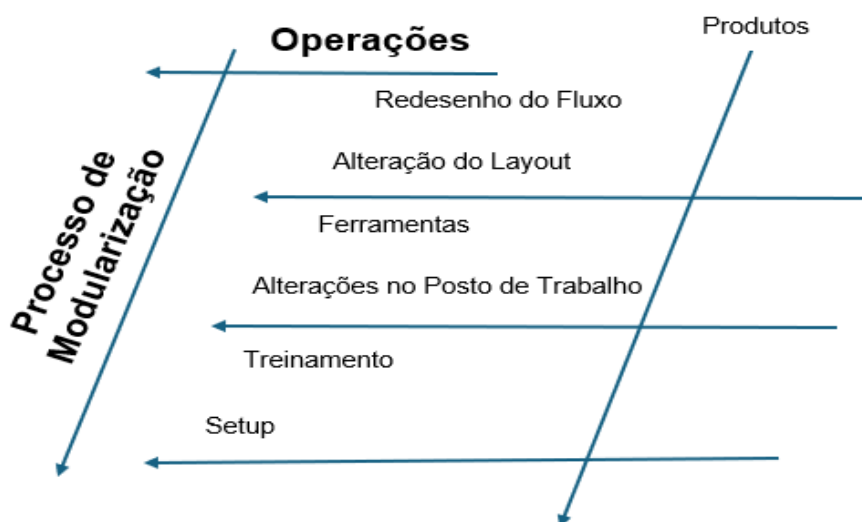
A primeira e principal contribuição do trabalho foi o desenvolvimento do Método para Modularização do Processo. Este método foi desenvolvido inicialmente em sua versão M0 e, a partir de uma visão crítica de sua implantação na área piloto da empresa, que serviu como laboratório para a construção do método, gerou-se uma versão final M1.

Em termos do método proposto - M1 - a primeira fase relevante foi o nivelamento da equipe no conceito da modularização e a correta classificação dos produtos a serem modularizados. O treinamento visou familiarizar os colaboradores envolvidos com os conceitos e termos relacionados à modularização, bem como esclarecer suas dúvidas e alinhar suas expectativas em relação ao método. Essa ação possibilitou que todos os membros da equipe estivessem alinhados com o tema tratado e, conseqüentemente, pudessem contribuir de forma mais efetiva para o processo de modularização. Um ponto relevante consiste em perceber que, nesta etapa, ocorreu um processo de modificação da mentalidade (mindset) das pessoas envolvidas nas mudanças necessárias a serem feitas, a partir de uma visão do todo a ser perseguido.

Na sequência, foi dado outro passo relevante no sentido de classificar corretamente os produtos que passariam pelo processo a ser modularizado. Através da análise do ciclo 80/20 do portfólio da empresa, foi possível identificar quais produtos seriam mais adequados para fazerem parte do processo de modularização, considerando critérios estratégicos como volume de produção/faturamento, complexidade e demanda do mercado. Com essa visão panorâmica do portfólio, foi possível tomar decisões mais eficazes e direcionar os esforços da equipe para os produtos com maior potencial de aplicabilidade da modularização. A partir dos passos anteriores, utilizou-se o conceito do Mecanismo da Função Produção (MFP), tendo como foco a melhoria da Função Processo (Shingo, 1996), caracterizada pelo acompanhamento do fluxo de materiais (objeto de trabalho) no tempo e no espaço. Com base no MFP/Função Processo, foi proposta uma alteração no layout do setor de Costura, onde o objetivo de centralidade consistiu em simplificar o processo, não havendo a necessidade de costurar as várias peças separadamente em máquinas singulares. A nova proposta consistiu em utilizar máquinas programadas para a realização da costura, reduzindo assim a quantidade de processos e o tempo de produção. Como evolução do método para o M1, as peças foram fixadas com o auxílio de prensa e/ou máquina de alta-frequência, eliminando os problemas relacionados ao método M0, como a variabilidade da matéria-prima, variabilidade de pessoal (mão-de-obra) e, adicionalmente, adequando o processo de qualidade das costuras.

Na Figura 28, é possível observar que o método de modularização do processo proposto e implantado acarretou a necessidade da realização de mudanças sistêmicas e sistemáticas, tanto na Função Processo - ou seja, nos fluxos produtivos - como na Função Operação (máquinas, equipamentos, dispositivos e ferramentas).

Figura 28: Visão de Fluxo - Mecanismo da função produção (MFP)



Fonte: Adaptado pelo Autor

As alterações centrais na função Processo, que levaram a melhorias nos fluxos produtivos, foram: redesenho do fluxo do objeto de trabalho, alteração do layout (micro fluxo). Já na função Operação, foi necessário realizar a alteração no posto de trabalho, visando facilitar e melhorar o fluxo produtivo - que é o objetivo perseguido.

O redesenho do fluxo de trabalho consistiu em analisar e reestruturar as etapas do processo produtivo, com o objetivo de melhorar significativamente o tempo de ciclo e os recursos utilizados. Para isso, foram eliminadas tarefas como a costura de peças em máquinas convencionais separadamente. Neste contexto, também foram reorganizadas as atividades de forma eficaz e coerente com as melhorias dos fluxos produtivos. A alteração no micro layout resultou em uma melhor disposição física dos postos de trabalho, máquinas e equipamentos. Essa mudança trouxe benefícios, como a redução de movimentação desnecessária, melhoria na comunicação entre os colaboradores e maior aproveitamento do espaço físico, além de otimizar o fluxo de trabalho.

Outro aspecto importante a ser considerado foi a alteração no posto de trabalho. Com o avanço da tecnologia e a automação no processo, tornou-se necessário realizar treinamentos e capacitações para os colaboradores poderem se adaptar às mudanças e desempenhar suas funções de forma coerente com o novo método de trabalho proposto. Essas ações foram fundamentais para a otimização

dos processos, pois permitiram uma análise aprofundada da forma como as atividades são realizadas e possibilitam a identificação de possíveis melhorias.

Já a Função Operação é responsável por aspectos mais específicos em termos de máquinas, equipamentos, dispositivos e pessoal. Neste contexto, são relevantes as melhorias propostas e realizadas em termos da redução dos tempos de preparação (*setup*), a utilização de ferramentas adequadas para adaptar às mudanças e desempenhar suas funções de forma eficiente.

No próximo passo, é necessário avaliar os resultados obtidos. Ao observar diferentes modelos sendo produzidos simultaneamente no processo de alta frequência utilizado para fixar as peças no cabedal, o posto de trabalho apresentava um índice de eficiência global do posto de trabalho (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*) de 29%. A partir desta medição, foi possível, através da adoção das melhorias propostas, melhorar consideravelmente esta eficiência. Um dos pontos considerados foi implantar sensores nas máquinas, visando diminuir o tempo de *setup* interno. Foram implementados sensores nas máquinas. Além disso, através da adoção das tecnologias habilitadoras da manufatura 4.0, foram incluídos leitores de códigos de barras nas matrizes para a própria máquina reconhecer os modelos, permitindo o ajuste automático dos parâmetros de tempo e pressão para cada modelo. Esta ação resultou em uma redução para quase zero do tempo de preparação/*setup* por troca de modelo.

A capacitação dos colaboradores envolvidos no sistema de produção foi, então, realizada, com o intuito de alinhá-los às mudanças implementadas anteriormente e fornecer o conhecimento necessário para operar as novas tecnologias e métodos propostos. Adicionalmente, foram tratados os temas relativos à organização, identificação e sensoriamento de ferramentas, objetivando garantir a eficiência e precisão na preparação e trocas necessárias do sistema produtivo. Esses fatores são cruciais para garantir a eficiência e qualidade da produção, pois impactam diretamente na execução das tarefas. O Índice de Rendimento Operacional Global do equipamento (IROG) nos equipamentos de alta frequência era de 29% no cenário inicial. Após a implantação e atuação nas perdas, o índice chegou a 63% de eficiência OEE.

Ainda há um ponto importante a considerar, que é a contribuição que o método de modularização conseguiu angariar, ou seja, um aumento da percepção de valor

do produto. Isso ocorreu devido ao aumento de peças costuradas no produto, sem que houvesse um aumento no preço para o consumidor final.

Os principais resultados, uma contribuição relevante para a empresa em questão, obtidos a partir da implantação do M1, estão destacados no Quadro 4.

Quadro 4: Principais resultados após implantação do método

RESULTADO	DESDOBRAMENTO
Redução do tempo de ciclo nas operações	Comparando o cenário Inicial com o proposto, houve um ganho de flexibilidade e de eficiência nos processos produtivos. Comparativo entre os métodos enfatizando a redução de tempo de ciclo no processo em 47,5%
Redução do número de processos	Redução de Processos de 04 tipos de processo para 02 processos - prensado e o de alta-frequência
Redução do custo de produção total	Redução do custo de produção da ordem de 6%
Ganho de espaço físico	Ganho de espaço físico de 25%
Aumento da Eficiência Global	O Índice de Rendimento Operacional Global do equipamento (IROG) nos equipamentos de alta-frequência eram de 29% no cenário inicial, após a implantação e atuação nas perdas o índice chegou a 63% de eficiência <i>OEE</i> .
Redução do Tempo de Atravessamento - <i>Lead Time</i>	A redução do tempo de ciclo, associada a redução do número de processos, tornou sistema produtivo mais rápido e, conseqüentemente, o tempo de atravessamento. Nesta pesquisa não constam números precisos da redução, pois carece de um período mais longo de acompanhamento

Fonte: Adaptado pelo Autor

Assim, a implantação processual do método trouxe ganhos significativos para a empresa na eficiência e na redução do número de processos na fábrica, contribuindo significativamente para melhorar a competitividade da empresa. Além disso, a introdução de novas tecnologias permitiu a melhoria dos processos internos e a melhoria significativa da alocação dos recursos atualmente disponíveis na empresa, ou seja, a melhor utilização dos ativos existentes.

A partir deste estudo realizado em uma empresa da indústria/setor calçadista, especificamente no setor de corte/costura, é possível concluir que a modularização de processos é uma alternativa viável para as empresas deste setor conseguirem vantagem competitiva e se manterem competitivas diante dos elevados níveis de diversidade de produtos, pequenos lotes de produção e curto ciclo de vida de produto e processo. Além disso, a modularização do processo pode contribuir efetivamente para uma maior flexibilidade produtiva e para que as empresas se diferenciem de seus concorrentes no mercado. Em outras palavras, a aplicação do método genérico proposto M1 - a maior contribuição da pesquisa - tem potencial de ser utilizada para alavancar os resultados de outras empresas que possuam similaridade com os processos e fluxos aqui tratados.

6.2 Limitações da pesquisa

São as seguintes as principais limitações da pesquisa aqui realizada:

- A medição dos tempos de atravessamento - *Lead Time* que é um indicador relevante para verificar se o método de modularização, além de reduzir os tempos de processamento e contribuir para o incremento do *OEE*, tem eficácia para reduzir o tempo entre o início e a finalização da atividade produtiva.
- Visualizar criticamente a possibilidade de evoluir o Método M1 para o Método M2, o que talvez pudesse indicar a necessidade em mais detalhes de olhar aspectos como o *lead time* e as melhorias dos indicadores de qualidade.
- Indicador da melhoria na qualidade do processo após aplicar o M1. No entanto, essa mensuração pode ser desafiadora, por requerer a definição de indicadores claros e o acompanhamento constante e sistemático do processo e dos resultados obtidos.

6.3 Sugestões e recomendações para trabalhos futuros

São as seguintes as recomendações e sugestões para trabalhos futuros:

- Verificar, conceitualmente, e agregar, ao método de modularização do processo, os aspectos ligados aos tempos de atravessamento (*Lead Time*).
- Ampliar a utilização e avaliação crítica do método M1 em um conjunto maior de empresas, tanto no ramo calçadista quanto provavelmente da indústria têxtil. Isto permitirá compreender o grau possível de generalização da aplicação do Método M1, bem com as melhorias passíveis de serem implantadas no mesmo.
- Estudar a possibilidade de reprojeto/reconfiguração dos produtos, via modularização dos produtos ou a simplificação dos mesmos, no intuito de obter uma maior sinergia entre o portfólio de produtos considerado e os processos já modularizados.
- Explorar a possibilidade de desenvolver um sistema de indicadores consistente que permitam medir o progresso da modularização dos processos nos contextos em que isto se torna exequível. Tal sistema de indicadores pode ser incluído nos passos do método de modularização de processos propostos.
- Estudar como a modularização de processos pode facilitar o desenvolvimento de novos produtos, com foco na manufaturabilidade dos mesmos e na simplificação dos fluxos produtivos.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS. **Relatório setorial da indústria de calçados no Brasil**. São Paulo, Edição 2022 p. 1-66, abr. 2023.

ABREU, A.; BEYNON, H.; RAMALHO, J. R. **“A fábrica dos sonhos” da Volkswagen**. In: RAMALHO, J. R.; SANTANA, M. A. (Org.). Trabalho e Desenvolvimento Regional. Rio de Janeiro: Mauad X, 2006. p. 71–90.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. **Managing in an age of modularity**. Harvard Business Review, 1997.

Bonvoisin, Jérémy Friedrich Halstenberg , Tom Buchert & Rainer Stark (2016) **Uma revisão sistemática da literatura sobre design de produto modular**. Journal of Engineering Design, 27:7, 488-514, DOI:10.1080/09544828.2016.1166482

Barros, J. R. M. D., & Goldenstein, L. (2022). **Avaliação do processo de reestruturação industrial brasileiro**. Brazilian Journal of Political Economy, 17, 172-194.

Cao, Jianpeng, *et al.* **"Configurador de produtos de fase cruzada para edifícios modulares usando kit de peças."** Automação na construção 123 (2021): 103437. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103437>

Choi, Jin Ouk, *et al.* **"Modelo de análise de business case de modularização para projetos industriais."** Revista de Gestão em Engenharia 35.3 (2019): 04019004. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001001.

DA ROCHA, Daniel Marcelino et al. **Modularização do produto-Aplicação em suspensão dianteira de ônibus: Product modularization-Application in front suspension of bus**. Brazilian Journal of Business, v. 4, n. 4, p. 1825-1841, 2022.

DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JR., J.A.V. (2015). **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Bookman: Porto Alegre.

Dupont, André Cardoso. **"Modularização de produtos e customização em massa: evidências teórico-empíricas e proposição de um framework."** Tese (doutorado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, (2021).

Efatmaneshnik, Mahmoud, Shraga Shoval e Li Qiao. **"Uma descrição padrão dos termos módulo e modularidade para engenharia de sistemas."** Transações IEEE sobre Gerenciamento de Engenharia 67.2 (2018): 365-375.

El Zant, C., Benfriha, K., Loubère, S., Aoussat, A., & Adjoul, O. (2021). **A design methodology for modular processes orchestration**. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 35, 106-117.

Eppinger, D. Steven, Robert P. Smith, (1997) **Identifying Controlling Features of Engineering Design Iteration.** Management Science 43(3):276-293. <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.43.3.276>.

ERIXON, G.. **"Modular Function Deployment - a method for product modularization"** Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, 1998.

FORTI, Antonio Wagner; MUNIZ JR, Jorge; COUTINHO, Cesar Ramos. **Processo de modularização de uma suspensão traseira a ar para veículos comerciais pesados (caminhões e ônibus).** Produto & Produção, v. 18, n. 3, 2017.

FREITAS, J. C. S., Jr., Machado, L., Klein, A. Z., & Freitas, A. S. (2015). **Design research: Aplicações práticas e lições aprendidas.** Revista de Administração FACES Journal, 14(1), 95-116.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

Gualandris, J., & Kalchschmidt, M. (2013). **Product and process modularity: improving flexibility and reducing supplier failure risk.** International Journal of Production Research, 51(19), 5757-5770

HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C. **Link manufacturing process and product life cycles.** June, v. 2, n. 1, p. 1999, 1979.

Jo, Hyung Je, Jun Ho Jeong e Chulsik Kim. **"Uma Visão Geral do Sistema de Produção da Hyundai Motor."** Agile Against Lean: Uma Investigação sobre o Sistema de Produção da Hyundai Motor (2023): 65-116.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Organização orientada para a estratégia: como as empresas que adotam o balanced scorecard prosperam no novo ambiente de negócios.** Rio de Janeiro: Campus, 2000, p. 8, 81.

KOREN, Yoram *et al.* **Product design for mass-individualization.** Procedia Cirp, v. 36, p. 64-71, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.03.050>

Kuhl, J. e Krause, D. (2019). **Estratégias para satisfação do cliente e atendimento aos requisitos do cliente dentro da tendência de individualização.** Procedia CIRP , 84 , 130-135.

Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes, J. A. V., Jr. (2013). **Design science research: Método de pesquisa para a engenharia de produção.** Gestão de Produção, 20(4), 741-761.

Li, Yupeng & Ni, Yongbo & Zhang, Na & Liu, Zhenhua. (2021). **Modularization for the complex product considering the design change requirements.** Research in Engineering Design. 32. 10.1007/s00163-021-00369-6.

Li, Yupeng, *et al.* "Modularização para o produto complexo considerando os requisitos de mudança de projeto." *Pesquisa em Projeto de Engenharia* 32.4 (2021): 507-522.

Lima, MB e Kubota, FI (2022). **Uma estrutura modular de design de produto para a indústria de eletrodomésticos.** *O Jornal Internacional de Tecnologia de Fabricação Avançada*, 120 (3-4), 2311-2330.

LIN, Shuai-fu. ***The complementary effect of manufacturing process modularity and IS flexibility on agility in manufacturing.*** 2010.

Liu, Yang, Xingkun Liang e Yongjiang Shi. "Corretora e equilíbrio: Criando uma interface organizacional eficaz para modularização de produtos em P&D multinacionais." *Política de Pesquisa* 47.6 (2018): 1133-1146.

LU, Mei-Chien. ***Comparative study on power module architectures for modularity and scalability.*** *Journal of Electronic Packaging*, v. 142, n. 4, p. 040801, 2020. <https://doi.org/10.1115/1.4047472>

March, S. T., & Smith, (1995). ***Design and natural science research on information technology.*** *Decision Support Systems*, 15(4), 251-266.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa - Planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7 ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

Marion, Tucker J., Marc H. Meyer e Gloria Barczak. "A influência do design digital e da TI na arquitetura modular de produtos." *Jornal de Gestão de Inovação de Produto* 32.1 (2015): 98-110.

MARTIN, M.V.; ISHII, K. **Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures.** *Research in Engineering Design* v.13, p.213-235, 2002 <https://doi.org/10.1007/s00163-002-0020-2>

Martiniano, Mauricio Luiz Gonçalves, *et al.* "Similaridades entre aglomerados produtivos: um ensaio teórico." *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)* 14.5 (2023): 8363-8377.

Mertens, Kai G., *et al.* "Revisando a estrutura intelectual da modularização de produtos: Rumo a uma visão comum e uma agenda de pesquisa futura." *Jornal de Gestão de Inovação de Produto* 40.1 (2023): 86-119.

Micheli, Guido JL, *et al.* "Modularização como estratégia de gestão do ciclo de vida do sistema: motivadores, barreiras, mecanismos e impactos." *Jornal Internacional de Gestão de Negócios de Engenharia* 11 (2019): 1847979018825041.

Mikkola, Juliana H. e Oliver Gassmann. "Gerenciando modularidade de arquiteturas de produtos: em direção a uma teoria integrada." *Transações IEEE*

em Gerenciamento de Engenharia 50.2 (2003): 204-218. DOI: 10.1109/TEM.2003.810826

Nepal, B., Monplaisir, L., & Singh, N. (2005). ***Integrated fuzzy logic-based model for product modularization during concept development phase***. International Journal of Production Economics, 96(2), 157-174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.03.010>.

Nicoletti, Maíra Meira. **"Diretrizes de desenvolvimento de um instrumento metaprojetual para a concepção e condução de negócios de moda."** Dissertação (mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Design, São Leopoldo, RS, (2019).

Nunes, Fabiano, Guilherme Luís Roehe Vaccaro e José Antônio Valle Antunes Júnior. **"O desenvolvimento do Sistema de Produção Hyundai: A evolução histórica."** Jornal de Sistemas de Manufatura 43 (2017): 47-57.

PARNAS, D. L. **On the Criteria To Be Used in Decomposing System into Modules**. Carnegie-Mellon University, v. 15, n. 12, p. 1053-1058, 1972.

PEREIRA, Giancarlo Medeiros; SELLITTO, Miguel Afonso; BORCHARDT, Miriam. **Alterações nos fatores de produção da indústria calçadista exportadora devido à entrada de competidores asiáticos**. Produção, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 149-159, abr./jun. 2010.

Persson, Magnus, Martin Jan Eklind e Mats Winroth. **"Coordenar a fabricação externa de módulos de produtos."** Ciências da Decisão 47.6 (2016): 1178-1202.

PIMMLER, T.U.; EPPINGER, S.D. **Integration analysis of product decompositions**. ASME Design Theory and Methodology Conference, Minneapolis, 1994.

PIRAN, F. A. S. **Modularização de produto e os efeitos sobre a eficiência técnica: Uma valiação em uma fabricante de ônibus**. Dissertação (mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2015.. p. 239. 2015.

PORTER, Michael E. **Clusters and the new economy of competition**. Harvard Business Review, Boston, v. 76, n. 6, p. 77-90, Nov./Dec. 1998.

PROVDANOV, C.C.; FREITAS, E C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2.ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RAINATTO, G. C., & de Andrade, N. A. (2021). **Gestão da Inovação baseada em estratégia: inteligência competitiva, métodos e cases para extração de valor**. Editora Dialética.

Rajala, Risto, *et al.* **"A próxima fase da servitização: transformar soluções integradas em soluções modulares."** *Jornal Internacional de Gestão de Operações e Produção* 39.5 (2019): 630-657.

Rossi, Federico, *et al.* **"Uma metodologia sistemática para a modularização de sistemas de fabricação durante o projeto inicial."** *Diário de Serviços Flexíveis e Manufatura* 31 (2019): 945-988.

ROTH, Stephan. **"Modularização."** *Clean C++ 20: Padrões e práticas recomendadas de desenvolvimento de software sustentável*. Berkeley, CA: Apress, 2021. 221-291.

Saïah, F., Vega, D., de Vries, H., & Kembro, J. (2023). **Process modularity, supply chain responsiveness, and moderators: The Médecins Sans Frontières response to the Covid-19 pandemic.** *Production and operations management*, 32(5), 1490-1511.

SAND, JC.; GU, P.; WATSON, G. **HOME: House Of Modular Enhancement - a Tool for Modular Product Redesign.** *Concurrent Engineering; Research and Applications* v.10, p.153-164, 2002. 2002

Scalice, R. K.; de Andrade, L. F. S.; Forcellini, F. A. **Procedimento para seleção de interfaces para produtos modulares baseando no ciclo de projeto de produtos.** *Prod.*,n. December. P. 734-750, 2015.

Schischke, Karsten, *et al.* **"Impacto da modularidade como estratégia de design circular no uso de materiais para dispositivos móveis inteligentes."** *MRS Energia & Sustentabilidade* 6 (2019): E16.

Schuh, G., *et al.* **"Abordagem baseada em dados para reduzir a complexidade do processo na fabricação de peças."** *2022 Conferência Internacional IEEE sobre Engenharia Industrial e Gestão de Engenharia (IEEM)* . IEEE, 2022.

Severo, Eliana Andréa, *et al.* **"Gerenciamento de projetos e práticas de inovação: antecedentes da vantagem competitiva sustentável em empresas do Sul do Brasil."** *Planejamento e Controle de Produção* 31.15 (2020): 1276-1290.

Seyoum, Belay e Yunshan Lian. **"Implicações da modularização no desempenho de mercado: evidências de empresas automotivas globais que operam na China."** *Revisão de Negócios Internacionais* 27.4 (2018): 852-866.

Seyoum, Belay. **"Modularidade na produção e vantagem posicional relativa da empresa: evidências da indústria automobilística global na China."** *Journal of East-West Business* 27.3 (2021): 207-233

Sgarabotto, Ismael. **"Proposição de um método de implantação da modularização de produto em empresas de baixa escala e alta variedade."** *Dissertação (mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, (2016).*

Shaik, Abdul Munaf, VVS Kesava Rao e Ch Srinivasa Rao. **"Desenvolvimento de sistemas modulares de fabricação - uma revisão."** O Jornal Internacional de Tecnologia de Fabricação Avançada 76 (2015): 789-802.

Shamsuzzoha, Ahm, *et al.* **"Arquitetura modular de produtos para gerenciar a complexidade do desenvolvimento de produtos."** Jornal Internacional de Engenharia Industrial e de Sistemas 36.2 (2020): 225-247.

Shan, S , Wen, X , Wei, Y , Wang, Z , Chen, Y. **Manufatura inteligente na indústria 4.0: um estudo de caso da indústria pesada da Sany .** Syst Res Behav Sci . 2020 ; 37 679 – 690 . <https://doi.org/10.1002/sres.2709>

SHARMA, Arun Kumar et al. **Um estudo das tendências e perspectivas industriais da Indústria 4.0.** Materiais Hoje: Procedimentos , v. 2364-2369, 2021.

Shingo, Shigeo. **"O Sistema Toyota de Produção – Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção"**, Editora Bookman, 1996, Porto Alegre.

Shoval, S., Efatmaneshnik, M. **Gerenciando a complexidade da montagem com modularidade: uma análise de custo e benefício.** Int J Adv Manuf Technol 105 , 3815–3828 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03802-2>

Sinha, Kaushik, Seok-Youn Han e Eun Suk Suh. **"Abordagem de modularização baseada em matriz de estrutura de projeto para sistemas complexos com múltiplas restrições de projeto."** Engenharia de Sistemas 23.2 (2020): 211-220.<https://doi.org/10.1002/sys.21518>

SKINNER, W. **Manufacturingmissing link in corporate strategy.** Harvard Business Review, v. 47, p. 136145, 1969.

Sonego, Monique, and Márcia Soares Echeveste. **"Seleção de métodos para modularização no desenvolvimento de produtos: revisão sistemática."** Production 26 (2015): 476-487.<https://doi.org/10.1590/0103-6513.138413>

Sonego, Monique, Márcia Elisa Soares Echeveste, and Henrique Galvan Debarba. **"O papel da modularidade no design sustentável: uma revisão sistemática."** Jornal de Produção Mais Limpa 176 (2018): 196-209. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.106>

SONEGO, Monique. **Métodos de modularização no projeto conceitual de desenvolvimento de produtos.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS., p.114, 2013.

STARR. B. M. K. **Modular Production - A New Concept.** Harvard Business Review. v. November-D. n. 1. p. 131-142. 1965.

STARR, M. K. **Modular production - a new concept.** Harvard Business Review. p. 131-142, 2011.

STONE, R.B.; WOOD, K. L.; CRAWFORD, R.H.. **A heuristic method for identifying modules for product architectures.** Design Studies v.21, p. 5-31, 2000.

Sun, Hongyi e Antonio Lau. **"O impacto do design modular e da inovação no desempenho de novos produtos: O papel da novidade do produto."** Jornal de Gestão de Tecnologia de Manufatura 31.2 (2020): 370-391.

Valter, Narcisa, *et al.* "Gestão Ágil Baseada na Modularização de Produtos e Processos." Anais do BASIQ (2016): 310-318.

VAN AKEN, J. E. (2004). **Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules.** Journal of Management Studies, 41(2), 219-246.

Vickery, Shawnee K., *et al.* **"Os efeitos da modularidade do produto na velocidade de lançamento."** Jornal Internacional de Pesquisa de Produção 53.17 (2015): 5369-5381.

Vickery, S. K., Koufteros, X., Dröge, C., & Calantone, R. (2016). **Product modularity, process modularity, and new product introduction performance: does complexity matter?.** Production and Operations management, 25(4), 751-770.

Yin, Yong, Kathryn E. Stecke e Dongni Li. **"A evolução dos sistemas de produção da Indústria 2.0 até a Indústria 4.0."** Jornal Internacional de Pesquisa de Produção 56.1-2 (2018): 848-861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>


ZHANG, Xianyu; MING, Xinguó; BAO, Yuguang. **Um sistema de fabricação inteligente e flexível em um modelo de fabricação de personalização em massa baseado em plataforma multimódulo, unidade multivirtual e linha de produção múltipla.** Computadores e Engenharia Industrial, v. 171, p. 108379, 2022.

ZHANG, WY. Tor SY, BrittonGA. (2006). **Managing modularity in product family design with functional modeling.** RID F-8930-2010. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 30, 579-588.

ANEXOS

Anexo I – Ficha técnica de operações – Sistema Inicial – Modelo A


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA INICIAL</p> <p>Modelo : A</p> <p>Método: INICIAL</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR LATERAL TRASEIRA 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,262
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,182
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURAÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -->				1,486
B	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -->				0,880
C	RISCAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MESA	0,880
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -->				1,329
D				
TOTAL -->				0,000
E	COSTURAR LATERAL TRASEIRA 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,120
	COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,860
	COSTURAR BIQUEIRA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,256
	COSGTURAR VISTA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	0,950
TOTAL -->				6,186
TEMPO TOTAL DO MODELO -->>				9,881


Anexo II – Folha de estudo de tempos – Sistema Inicial – Modelo A

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: A		RISCAR GÁSPEA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		COSTURAR LATERAL TRASEIRA 4X1		COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1		COSTURAR BIQUEIRA		COSTURAR VISTA	
		A		E		C		D		E		F	
Sistema Convencional(Inicial)		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS												
	1		0,410		0,221		0,528		0,451		0,605		0,490
	2		0,418		0,212		0,495		0,440		0,592		0,446
	3		0,415		0,216		0,493		0,439		0,602		0,442
	4		0,412		0,210		0,492		0,434		0,590		0,448
	5		0,410		0,206		0,499		0,445		0,592		0,455
	6		0,406		0,212		0,496		0,441		0,594		0,440
	7		0,405		0,215		0,490		0,447		0,596		0,444
	8		0,412		0,211		0,496		0,450		0,600		0,452
	9		0,416		0,216		0,498		0,444		0,591		0,450
	10		0,408		0,212		0,495		0,422		0,592		0,448
	11		0,410		0,208		0,496		0,423		0,594		0,446
	12		0,402		0,212		0,498		0,436		0,596		0,440
	13		0,410		0,210		0,495		0,432		0,594		0,448
	14		0,415		0,214		0,521		0,440		0,592		0,450
	15		0,426		0,212		0,528		0,451		0,594		0,448
	16		0,410		0,216		0,499		0,451		0,596		0,452
	17		0,420				0,495		0,442				
	18		0,416				0,526		0,440				
	19												
20													
ELEMENTOS		A		A		A		A		A		A	
T. TEMPO (seg)													
T. TEMPO (c.min.)		7,421		3,403		9,040		7,928		9,520		7,199	
Nº OBSERVAÇÕES		18		16		18		18		16		16	
FREQ. LÓGICA		2	1	2	1	4	1	4	1	2	1	2	1
T. BASE		0,825		0,425		2,009		1,762		1,190		0,900	
AVALIAÇÃO		D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE		96%		95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL		0,792		0,404		1,908		1,674		1,131		0,855	
TOLERÂNCIA		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO		0,880		0,449		2,120		1,860		1,256		0,950	

Anexo III – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M0) – Modelo A

Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO		DADOS DO MODELO		
		Sistema : SISTEMA MODULAR Modelo : A Método: M0		
Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR LATERAL TRASEIRA 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,262
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,182
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURAÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -->				1,486
B	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -->				0,880
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MESA	0,449
TOTAL -->				0,449
D	POSICIONAR GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS NO GABARITO	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	1,850
	COSTURAR FALSAS NA GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS	MULTIOPERADOR	MQ. PROGRAMADA	0,750
	RECORTAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -->				3,250
E				
TOTAL -->				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -->>				6,065


Anexo IV – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M0) – Modelo A

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: A		POSICIONAR GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS NO GABARITO		COSTURAR FALSAS NA GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS		RECORTAR GASPEA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	
		A		B		C		E	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,898		0,375		0,312		0,221
	2		0,865		0,364		0,310		0,212
	3		0,859		0,341		0,308		0,216
	4		0,887		0,341		0,306		0,210
	5		0,865		0,136		0,296		0,206
	6		0,861		0,375		0,302		0,212
	7		0,872		0,364		0,308		0,215
	8		0,870		0,375		0,310		0,211
	9		0,858		0,341		0,308		0,216
	10		0,858		0,387		0,316		0,212
	11		0,854		0,352		0,312		0,208
	12		0,881		0,341		0,308		0,212
	13		0,852		0,398		0,302		0,210
	14		0,847		0,341		0,306		0,214
	15		0,869		0,500		0,308		0,212
	16		0,880		0,352		0,318		0,216
	17		0,871		0,355				
	18		0,866		0,356				
	19								
	20								
ELEMENTOS	A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)									
T. TEMPO (c.min.)	15,613		6,396		4,930		3,403		
Nº OBSERVAÇÕES	18		18		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	1,735		0,711		0,616		0,425		
AVALIÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	96%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	1,665		0,675		0,585		0,404		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	1,850		0,750		0,650		0,449		

Anexo V – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M1) – Modelo A


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : A</p> <p>Método: M1</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR LATERAL TRASEIRA 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,262
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURAÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -->				1,418
B	POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ DE FREQUENCIA	MULTIOPERADOR	MESA	1,010
	FAZER ALTA FREQ. NA GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. FREQUENCIAR	0,739
TOTAL -->				1,749
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MESA	0,449
TOTAL -->				0,449
D	POSICIONAR GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS NO GABARITO	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,550
	COSTURAR FALSAS NA GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS	MULTIOPERADOR	MQ. PROGRAMADA	0,750
	RECORTAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -->				1,950
E				
TOTAL -->				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -->				5,566


Anexo VI – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M1) – Modelo A

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

		POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ DE FREQUENCIA		FAZER ALTA FREQ. NA GASPEA		POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR		COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		RECORTAR GASPEA	
Modelo: A		A		B		C		D		E		F	
Sistema modular(M1)		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS												
	1		0,490		0,350		0,550		0,711		0,221		0,312
	2		0,472		0,350		0,533		0,711		0,212		0,310
	3		0,469		0,350		0,500		0,711		0,216		0,308
	4		0,484		0,350		0,500		0,711		0,210		0,306
	5		0,472		0,350		0,200		0,711		0,206		0,296
	6		0,470		0,350		0,550		0,711		0,212		0,302
	7		0,476		0,350		0,533		0,711		0,215		0,308
	8		0,475		0,350		0,550		0,711		0,211		0,310
	9		0,468		0,350		0,500		0,711		0,216		0,308
	10		0,468		0,350		0,567		0,711		0,212		0,316
	11		0,466		0,350		0,517		0,711		0,208		0,312
	12		0,481		0,350		0,500		0,711		0,212		0,308
	13		0,465		0,350		0,583		0,711		0,210		0,302
	14		0,462		0,350		0,500		0,711		0,214		0,306
	15		0,474		0,350		0,733		0,711		0,212		0,308
	16		0,480		0,350		0,517		0,711		0,216		0,318
	17				0,350								
	18				0,350								
	19												
20													
ELEMENTOS		A		A		A		A		A		A	
T. TEMPO (seg)													
T. TEMPO (c.min.)		7,572		6,300		8,333		11,368		3,403		4,930	
Nº OBSERVAÇÕES		16		18		16		16		16		16	
FREQ. LÓGICA		2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1
T. BASE		0,947		0,700		0,521		0,711		0,425		0,616	
AVALIAÇÃO		D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE		96%		95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL		0,909		0,665		0,495		0,675		0,404		0,585	
TOLERÂNCIA		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO		1,010		0,739		0,550		0,750		0,449		0,650	

Anexo VII – Ficha técnica de operações – Sistema Inicial – Modelo B

Ficha Técnica de Operações


FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA INICIAL</p> <p>Modelo : B</p> <p>Método: INICIAL</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR LATERAL EXTERNA DIANTEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,189
	CORTAR LATERAL EXTERNA TRASEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,156
	CORTAR LATERAL INTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,200
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,332
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL EXTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,150
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL INTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,150
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL TRASEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,165
CORTAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212	
TOTAL -- >				3,305
B	PRENSAR REFORÇO DA GASPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL EXTERNA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL INTERNA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL TRASEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,660
TOTAL -- >				3,300
C	RISCAR GASPEA	MULTIOPERADOR	MESA	0,490
	RISCAR LATERAL TRASEIRA 4X1	MULTIOPERADOR	MESA	0,705
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				1,644
D				
TOTAL -- >				0,000
E	COSTURAR ZIG NA LATERAL EXTERNA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,680
	COSTURAR ZIG NA LATERAL INTERNA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,410
	COSTURAR MASCOTE 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	0,860
	COSTURAR TRASEIRO	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	0,990
	COSTURAR VISTA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,256
	COSTURAR BIQUEIRA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 2AG.	1,860
TOTAL -- >				6,056

TEMPO TOTAL DO MODELO -- >> 14,305


Anexo VIII – Folha de estudo de tempos – Sistema Inicial – Modelo B

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: B	RISCAR GASPEA		RISCAR LATERAL TRASEIRA 4X1		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		COSTURAR ZIG NA LATERAL EXTERNA		COSTURAR ZIG NA LATERAL INTERNA		COSTURAR MASCOTE 4X1		COSTURAR TRASEIRO		COSTURAR VISTA		COSTURAR BIQUEIRA		
	A		B		C										D		E		
Sistema Convencional (Inicial)	R	T	R	T	R	T									R	T	R	T	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS																		
	1		0,241		0,347		0,221		0,327		0,197		0,214		0,477		0,605		0,885
	2		0,232		0,333		0,212		0,320		0,193		0,208		0,468		0,594		0,885
	3		0,236		0,339		0,216		0,318		0,192		0,202		0,465		0,590		0,885
	4		0,229		0,330		0,210		0,316		0,190		0,206		0,471		0,598		0,885
	5		0,225		0,324		0,206		0,324		0,196		0,200		0,468		0,594		0,885
	6		0,232		0,333		0,212		0,322		0,194		0,203		0,463		0,588		0,885
	7		0,235		0,338		0,215		0,331		0,200		0,204		0,462		0,586		0,885
	8		0,230		0,331		0,211		0,324		0,196		0,204		0,473		0,600		0,885
	9		0,236		0,339		0,216		0,327		0,197		0,205		0,474		0,602		0,885
	10		0,232		0,333		0,212		0,329		0,198		0,203		0,477		0,605		0,825
	11		0,227		0,327		0,208		0,327		0,197		0,204		0,471		0,598		0,885
	12		0,232		0,333		0,212		0,316		0,190		0,202		0,468		0,594		0,885
	13		0,229		0,330		0,210		0,313		0,189		0,198		0,465		0,590		0,885
	14		0,234		0,336		0,214		0,320		0,193		0,200		0,466		0,592		0,885
	15		0,232		0,333		0,212		0,318		0,192		0,203		0,465		0,590		0,885
	16		0,236		0,339		0,216		0,322		0,194		0,203		0,470		0,596		0,885
	17						0,210						0,202		0,466		0,592		
	18						0,212						0,204		0,471		0,598		
	19																		
20																			
ELEMENTOS	A		A		A										A		A		
T. TEMPO (seg)																			
T. TEMPO (c.min.)	3,716		5,344		3,825			5,154		3,108		3,665		8,441	10,712		14,100		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		18			16		16		18		18	18		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	4	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	0,465		0,668		0,425			0,644		0,388		0,815		0,938	1,190		1,763		
AValiação	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%			95%		95%		95%		95%	95%		95%		
T. NORMAL	0,441		0,635		0,404			0,612		0,369		0,774		0,891	1,131		1,674		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%			10%		10%		10%		10%	10%		10%		
T. PADRÃO	0,490		0,705		0,449			0,680		0,410		0,860		0,990	1,256		1,860		

Anexo IX – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M0) – Modelo B


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : B</p> <p>Método: M0</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR LATERAL EXTERNA DIANTEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,189
	CORTAR LATERAL EXTERNA TRASEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,156
	CORTAR LATERAL INTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,200
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,332
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL EXTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,150
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL INTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,150
	CORTAR REFORÇO DA LATERAL TRASEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,165
CORTAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212	
TOTAL -- >				3,305
B	PRENSAR REFORÇO DA GASPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL EXTERNA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL INTERNA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA LATERAL TRASEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,660
TOTAL -- >				3,300
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR PEÇAS DA GÁSPEA NO GABARITO P/ COSTURAR	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	2,822
	COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	1,860
TOTAL -- >				4,682
E				
TOTAL -- >				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				11,736


Anexo X – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M0) – Modelo B

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: B		POSICIONAR PEÇAS DA GÁSPEA NO GABARITO P/ COSTURAR		COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	
Sistema modular (M0)		A		E		C	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T
	1		1,464		0,885		0,221
	2		1,400		0,885		0,212
	3		1,405		0,885		0,216
	4		1,338		0,885		0,210
	5		1,333		0,885		0,206
	6		1,323		0,885		0,212
	7		1,279		0,885		0,215
	8		1,307		0,885		0,211
	9		1,352		0,885		0,216
	10		1,361		0,825		0,212
	11		1,335		0,885		0,208
	12		1,274		0,885		0,212
	13		1,277		0,885		0,210
	14		1,279		0,885		0,214
	15		1,309		0,885		0,212
	16		1,353		0,885		0,216
	17		1,340				
	18		1,332				
	19						
	20						
ELEMENTOS	A		A		A		
T. TEMPO (seg)							
T. TEMPO (c.min.)	24,060		14,100		3,403		
Nº OBSERVAÇÕES	18		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	2,673		1,763		0,425		
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		
T. NORMAL	2,540		1,674		0,404		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		
T. PADRÃO	2,822		1,860		0,449		

Anexo XI – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M1) – Modelo B


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : B</p> <p>Método: M1</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR LATERAL EXTERNA DIANTEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,189
	CORTAR LATERAL EXTERNA TRASEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,156
	CORTAR LATERAL INTERNA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,200
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,332
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,187
TOTAL -->				2,316
B	POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE PRENSAGEM	MULTIOPERADOR	MESA	2,202
	PRENSAR PEÇAS C/ REFORÇO	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,660
TOTAL -->				2,862
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -->				0,449
D	POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,620
	COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	1,860
TOTAL -->				2,480
E				
TOTAL -->				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -->>				8,107


Anexo XII – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M1) – Modelo B

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: B		POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE PRENSAGEM		PRENSAR PEÇAS C/ REFORÇO		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR		COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA	
Sistema modular (M1)		A		B		C		D		E	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		1,142		0,312		0,221		0,298		0,885
	2		1,092		0,312		0,212		0,292		0,885
	3		1,096		0,312		0,216		0,290		0,885
	4		1,044		0,312		0,210		0,288		0,885
	5		1,040		0,312		0,206		0,296		0,885
	6		1,032		0,312		0,212		0,294		0,885
	7		0,998		0,312		0,215		0,302		0,885
	8		1,020		0,312		0,211		0,296		0,885
	9		1,055		0,312		0,216		0,298		0,885
	10		1,062		0,312		0,212		0,300		0,825
	11		1,042		0,312		0,208		0,298		0,885
	12		0,994		0,320		0,212		0,288		0,885
	13		0,996		0,312		0,210		0,286		0,885
	14		0,998		0,312		0,214		0,292		0,885
	15		1,021		0,312		0,212		0,290		0,885
	16		1,056		0,312		0,216		0,294		0,885
	17										
	18										
	19										
	20										
ELEMENTOS	A		A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)											
T. TEMPO (c.min.)	16,688		5,000		3,403		4,702		14,100		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		16		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	2,086		0,625		0,425		0,588		1,763		
AValiação	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	1,982		0,594		0,404		0,558		1,674		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	2,202		0,660		0,449		0,620		1,860		

Anexo XII – Ficha técnica de operações – Sistema Inicial – Modelo C

Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA INICIAL</p> <p>Modelo : C</p> <p>Método: INICIAL</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR SOMBRA DA LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,334
	CORTAR SOMBRA DA GOLA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,127
	CORTAR VELCRO FEMEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,101
	CORTAR FORRO DA TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,090
	CORTAR REFORÇO DA VISTA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -- >				1,937
B	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -- >				0,440
C	RISCAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MESA	1,412
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				1,861
D				
TOTAL -- >				0,000
E	COSTURAR LATERAL INTERNA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,126
	COSTURAR LATERAL EXTERNA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,126
	COSTURAR TRASEIRO 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,260
	COSTURAR VISTA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,256
	COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,860
TOTAL -- >				9,628


TEMPO TOTAL DO MODELO -- >> 13,866

Anexo XIV – Folha de estudo de tempos – Sistema Inicial – Modelo C

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM


		RISCAR GÁSPEA		COSTURAR ZIG TRASEIRO		COSTURAR LATERAL INTERNA		COSTURAR LATERAL EXTERNA		COSTURAR TRASEIRO 4X1		COSTURAR VISTA		COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1	
Sistema Convencional(Inicial)		A		E		C		C		E		F		E	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,662		0,221		1,064		1,064		0,540		0,592		0,451
	2		0,664		0,212		0,996		0,996		0,540		0,586		0,440
	3		0,676		0,216		0,992		0,992		0,536		0,588		0,439
	4		0,678		0,210		0,996		0,996		0,532		0,608		0,434
	5		0,670		0,206		0,998		0,998		0,534		0,602		0,445
	6		0,668		0,212		1,048		1,048		0,538		0,588		0,441
	7		0,666		0,215		1,056		1,056		0,540		0,600		0,447
	8		0,670		0,211		0,990		0,990		0,532		0,576		0,450
	9		0,668		0,216		0,994		0,994		0,536		0,582		0,444
	10		0,670		0,212		1,056		1,056		0,535		0,610		0,422
	11		0,665		0,208		0,996		0,996		0,538		0,586		0,423
	12		0,669		0,212		1,016		1,016		0,530		0,590		0,436
	13		0,676		0,210		0,994		0,994		0,536		0,588		0,432
	14		0,672		0,214		0,956		0,956		0,538		0,596		0,440
	15		0,668		0,212		0,989		0,989		0,530		0,610		0,451
	16		0,660		0,216		0,994		0,994		0,532		0,590		0,451
	17						0,996		0,996		0,536		0,615		0,442
	18						0,998		0,998		0,530		0,598		0,440
	19														
20															
ELEMENTOS	A		A		A		A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)															
T. TEMPO (c.min.)	10,702		3,403		18,129		18,129		9,633		10,705		7,928		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		18		18		18		18		18		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	4	1	2	1	4	1	
T. BASE	1,338		0,425		2,014		2,014		2,141		1,189		1,762		
AValiação	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	1,271		0,404		1,914		1,914		2,034		1,130		1,674		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	1,412		0,449		2,126		2,126		2,260		1,256		1,860		

Anexo XV – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M0) – Modelo C

Ficha Técnica de Operações				
FOTO DO MODELO		DADOS DO MODELO		
		Sistema : SISTEMA MODULAR Modelo : C Método: M0		
Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR SOMBRA DA LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,334
	CORTAR SOMBRA DA GOLA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,127
	CORTAR VELCRO FEMEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,101
	CORTAR FORRO DA TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,090
	CORTAR REFORÇO DA VISTA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -- >				1,937
B	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -- >				0,440
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR PLACAS DA TIRA NO GABARITO	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,176
	COSTURAR BORDA E VELCRO NA TIRA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	0,343
	POSICIONAR PEÇAS DA GÁSPEA NO GABARITO DE COSTURA	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	2,431
	COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	1,256
	RECORTAR TIRA DO VELCRO	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,210
	RECORTAR GASPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -- >				5,066
E				
TOTAL -- >				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				7,892


Anexo XVI – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M0) – Modelo C

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

		POSICIONAR PLACA DA TIRA DO VELCRO NO GABARITO		COSTURAR PLACA DA TIRA DO VELCRO MQ PROGRAMADA		POSICIONAR PEÇAS DA GÁSPEA NO GABARITO DE COSTURA		COSTURAR FALSAS NA GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS		COSTURAR ZIG TRASEIRO		RECORTAR GASPEA		RECORTAR TIRA DO VELCRO	
Modelo: C		A		B		C		G		E		H		H	
Sistema modular (M0)		R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS														
	1		0,082		0,163		1,167		0,595		0,221		0,312		0,102
	2		0,082		0,163		1,151		0,595		0,212		0,310		0,096
	3		0,084		0,163		1,155		0,595		0,216		0,308		0,106
	4		0,086		0,163		1,147		0,595		0,210		0,306		0,099
	5		0,082		0,163		1,155		0,595		0,206		0,296		0,102
	6		0,075		0,163		1,151		0,595		0,212		0,302		0,102
	7		0,084		0,163		1,155		0,595		0,215		0,308		0,104
	8		0,086		0,163		1,161		0,595		0,211		0,310		0,096
	9		0,084		0,163		1,151		0,595		0,216		0,308		0,098
	10		0,088		0,163		1,155		0,595		0,212		0,316		0,098
	11		0,086		0,163		1,151		0,595		0,208		0,312		0,098
	12		0,084		0,155		1,147		0,595		0,212		0,308		0,102
	13		0,084		0,163		1,143		0,595		0,210		0,302		0,096
	14		0,085		0,163		1,151		0,595		0,214		0,306		0,094
	15		0,078		0,163		1,155		0,595		0,212		0,308		0,096
	16		0,082		0,163		1,131		0,595		0,216		0,318		0,102
	17														
	18														
	19														
20															
ELEMENTOS		A		A		A		A		A		A		A	
T. TEMPO (seg)															
T. TEMPO (c.min.)		1,332		2,600		18,424		9,520		3,403		4,930		1,591	
Nº OBSERVAÇÕES		16		16		16		16		16		16		16	
FREQ. LÓGICA		2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
T. BASE		0,167		0,325		2,303		1,190		0,425		0,616		0,199	
AVALIAÇÃO		D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL		0,158		0,309		2,188		1,131		0,404		0,585		0,189	
TOLERÂNCIA		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO		0,176		0,343		2,431		1,256		0,449		0,650		0,210	

Anexo XVII – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M1) – Modelo C


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : C</p> <p>Método: M1</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,356
	CORTAR SOMBRA DA LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,334
	CORTAR SOMBRA DA GOLA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,127
	CORTAR VELCRO FEMEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,101
	CORTAR FORRO DA TIRA DO VELCRO	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,090
	CORTAR REFORÇO DA VISTA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	TOTAL -->			1,937
B	POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ	MULTIOPERADOR	MESA	1,212
	FAZER ALTA FREQ. NA PLACA DA GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. FREQUENCIAR	0,669
	TOTAL -->			1,881
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
	TOTAL -->			0,449
D	POSICIONAR PLACAS DA TIRA NO GABARITO	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,176
	COSTURAR BORDA E VELCRO NA TIRA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	0,343
	POSICIONAR GÁSPEA NO GABARITO DE COSTURA	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,550
	COSTURAR FALSAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	1,256
	RECORTAR TIRA DO VELCRO	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,210
	RECORTAR GASPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
	TOTAL -->			3,185
E				
	TOTAL -->			0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -->>				7,452


Anexo XVIII – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M1) – Modelo C

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: C	POSICIONAR PLACA DA TIRA DO VELCRO NO GABARITO		COSTURAR PLACA DA TIRA DO VELCRO MQ PROGRAMADA		POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ		FAZER ALTA FREQ. NA PLACA DA GASPEA		COSTURAR ZIG TRASEIRO		POSICIONAR GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS NO GABARITO		COSTURAR FALSAS NA GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS		RECORTAR GASPEA		RECORTAR TIRA DO VELCRO	
	A		B		C		D		E		F		G		H		H	
	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
1		0,082		0,163		0,582		0,317		0,221		0,261		0,595		0,312		0,102
2		0,082		0,163		0,574		0,317		0,212		0,261		0,595		0,310		0,096
3		0,084		0,163		0,576		0,317		0,216		0,261		0,595		0,308		0,106
4		0,086		0,163		0,572		0,317		0,210		0,261		0,595		0,306		0,099
5		0,082		0,163		0,576		0,317		0,206		0,261		0,595		0,296		0,102
6		0,075		0,163		0,574		0,317		0,212		0,261		0,595		0,302		0,102
7		0,084		0,163		0,576		0,317		0,215		0,261		0,595		0,308		0,104
8		0,086		0,163		0,579		0,317		0,211		0,261		0,595		0,310		0,096
9		0,084		0,163		0,574		0,317		0,216		0,261		0,595		0,308		0,098
10		0,088		0,163		0,576		0,317		0,212		0,261		0,595		0,316		0,098
11		0,086		0,163		0,574		0,317		0,208		0,255		0,595		0,312		0,098
12		0,084		0,155		0,572		0,314		0,212		0,261		0,595		0,308		0,102
13		0,084		0,163		0,570		0,317		0,210		0,261		0,595		0,302		0,096
14		0,085		0,163		0,574		0,317		0,214		0,261		0,595		0,306		0,094
15		0,078		0,163		0,576		0,317		0,212		0,261		0,595		0,308		0,096
16		0,082		0,163		0,564		0,317		0,216		0,261		0,595		0,318		0,102
17																		
18																		
19																		
20																		
ELEMENTOS	A		A		A		A		A		A		A		A		A	
T. TEMPO (seg)																		
T. TEMPO (c.min.)	1,332		2,600		9,189		5,069		3,403		4,170		9,520		4,930		1,591	
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		16		16		16		16		16		16		16	
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
T. BASE	0,167		0,325		1,149		0,634		0,425		0,521		1,190		0,616		0,199	
AValiação	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL	0,158		0,309		1,091		0,602		0,404		0,495		1,131		0,585		0,189	
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO	0,176		0,343		1,212		0,669		0,449		0,550		1,256		0,650		0,210	

Anexo XIX – Ficha técnica de operações – Sistema Inicial – Modelo D


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA INICIAL</p> <p>Modelo : D</p> <p>Método: INICIAL</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,550
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,442
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212
TOTAL -->				1,854
B	PRENSAR REFORÇO NA GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO NO TRASEIRO 4X1	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,660
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -->				1,540
C	RISCAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MESA	0,944
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -->				1,393
D				
TOTAL -->				0,000
E	COSTURAR FALSAS NA GASPEA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	4,890
	COSTURAR TRASEIRO 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,100
	COSTURAR GRAVATA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,256
TOTAL -->				7,246
TEMPO TOTAL DO MODELO -->>				12,033

Anexo XX – Folha de estudo de tempos – Sistema Inicial – Modelo D

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: D		RISCAR GÁSPEA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		COSTURAR FALSAS NA GASPEA		COSTURAR TRASEIRO 4X1		COSTURAR GRAVATA	
Sistema Convencional (Inici		A		C		C		D		E	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,470		0,221		2,305		0,269		0,605
	2		0,456		0,212		2,312		0,262		0,594
	3		0,444		0,216		2,314		0,267		0,590
	4		0,452		0,210		2,318		0,260		0,598
	5		0,440		0,206		2,322		0,262		0,594
	6		0,446		0,212		2,340		0,262		0,588
	7		0,448		0,215		2,344		0,256		0,586
	8		0,447		0,211		2,244		0,262		0,600
	9		0,449		0,216		2,296		0,258		0,602
	10		0,445		0,212		2,310		0,260		0,605
	11		0,448		0,208		2,312		0,266		0,598
	12		0,443		0,212		2,316		0,259		0,594
	13		0,434		0,210		2,335		0,254		0,590
	14		0,440		0,214		2,339		0,250		0,592
	15		0,445		0,212		2,300		0,258		0,590
	16		0,446		0,216		2,340		0,265		0,596
	17						2,335				0,592
	18						2,310				0,598
	19										
	20										

ELEMENTOS	A		A		A		A		A	
T. TEMPO (seg)										
T. TEMPO (c.min.)	7,153		3,403		41,692		4,169		10,712	
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		18		16		18	
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	4	1	2	1
T. BASE	0,894		0,425		4,632		1,042		1,190	
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL	0,849		0,404		4,401		0,990		1,131	
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO	0,944		0,449		4,890		1,100		1,256	


Anexo

-

XXI

Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M0) – Modelo D


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : D</p> <p>Método: M0</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,550
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,442
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO DO TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,212
TOTAL -- >				1,854
B	PRENSAR REFORÇO NA GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO NO TRASEIRO 4X1	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,660
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -- >				1,540
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,880
	COSTURAR PEÇAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	1,367
	RECORTAR GASPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -- >				2,897
E				
TOTAL -- >				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				6,740


Anexo XXII – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M0) – Modelo D

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: D		POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR		COSTURAR PEÇAS MQ PROGRAMADA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		RECORTAR GASPEA	
		A		E		C		F	
Sistema modular (M0)									
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,420		0,648		0,221		0,312
	2		0,415		0,648		0,212		0,310
	3		0,419		0,648		0,216		0,308
	4		0,416		0,648		0,210		0,306
	5		0,420		0,648		0,206		0,296
	6		0,415		0,640		0,212		0,302
	7		0,417		0,648		0,215		0,308
	8		0,416		0,648		0,211		0,310
	9		0,416		0,648		0,216		0,308
	10		0,414		0,648		0,212		0,316
	11		0,417		0,648		0,208		0,312
	12		0,416		0,648		0,212		0,308
	13		0,420		0,648		0,210		0,302
	14		0,414		0,648		0,214		0,306
	15		0,414		0,648		0,212		0,308
	16		0,417		0,648		0,216		0,318
	17		0,420						
	18		0,412						
	19								
	20								
ELEMENTOS	A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)									
T. TEMPO (c.min.)	7,502		10,360		3,403		4,930		
Nº OBSERVAÇÕES	18		16		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	0,834		1,295		0,425		0,616		
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	0,792		1,230		0,404		0,585		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	0,880		1,367		0,449		0,650		

Anexo XXIII – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M1) – Modelo D

Ficha Técnica de Operações


FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : D</p> <p>Método: M1</p>

Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,550
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,328
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,442
	CORTAR REFORÇO DA GASPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,187
TOTAL -- >				1,507
B	POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE PRENSAGEM	MULTIOPERADOR	MESA	0,860
	PRENSAR PEÇAS C/ REFORÇO	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,550
TOTAL -- >				1,410
C	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,620
	COSTURAR PEÇAS MQ PROGRAMADA	MULTIOPERADOR	MQ PROGRAMADA	1,367
	RECORTAR GASPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -- >				2,637
E				
TOTAL -- >				0,000


TEMPO TOTAL DO MODELO -- >> **6,003**

Anexo XXIV – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M1) – Modelo D


FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

 Modelo: D		POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE PRENSAGEM		PRENSAR PEÇAS C/ REFORÇO		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		POSICIONAR GASPEA NO GABARITO P/ COSTURAR		COSTURAR PEÇAS MQ PROGRAMADA		RECORTAR GASPEA	
		Sistema modular(M1)		A		B		C		D		E	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,410		0,265		0,221		0,302		0,648		0,312
	2		0,406		0,252		0,212		0,294		0,648		0,310
	3		0,409		0,256		0,216		0,300		0,648		0,308
	4		0,407		0,260		0,210		0,292		0,648		0,306
	5		0,410		0,262		0,206		0,294		0,648		0,296
	6		0,406		0,258		0,212		0,294		0,640		0,302
	7		0,408		0,260		0,215		0,288		0,648		0,308
	8		0,407		0,266		0,211		0,294		0,648		0,310
	9		0,407		0,262		0,216		0,290		0,648		0,308
	10		0,405		0,260		0,212		0,292		0,648		0,316
	11		0,408		0,266		0,208		0,299		0,648		0,312
	12		0,407		0,264		0,212		0,286		0,648		0,308
	13		0,410		0,262		0,210		0,292		0,648		0,302
	14		0,405		0,256		0,214		0,294		0,648		0,306
	15		0,405		0,258		0,212		0,290		0,648		0,308
	16		0,408		0,260		0,216		0,298		0,648		0,318
	17												
	18												
	19												
20													
ELEMENTOS	A		A		A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)													
T. TEMPO (c.min.)	6,518		4,167		3,403		4,699		10,360		4,930		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		16		16		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	0,815		0,521		0,425		0,587		1,295		0,616		
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	0,774		0,495		0,404		0,558		1,230		0,585		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	0,860		0,550		0,449		0,620		1,367		0,650		

Anexo XXV – Ficha técnica de operações – Sistema Inicial – Modelo E

Ficha Técnica de Operações				
FOTO DO MODELO		DADOS DO MODELO		
		<p>Sistema : SISTEMA INICIAL</p> <p>Modelo : E</p> <p>Método: INICIAL</p>		
Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE FRONTAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,242
	CORTAR LATERAL DIANTEIRA 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,260
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,286
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,236
	CORTAR ENFEITE DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,084
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURAÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -- >				2,359
B	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -- >				0,880
C	RISCAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MESA	1,112
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MQ. COSTURAR ZIG-ZAG	0,449
TOTAL -- >				1,561
D				
TOTAL -- >				0,000
E	COSTURAR ENFEITE FRONTAL 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,680
	COSTURAR LATERAL DIANTEIRA 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,520
	COSTURAR LATERAL 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,356
	COSTURAR MASCOTE 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,056
	COSTURAR TRASEIRO 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	2,025
	COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,860
	COSTURAR VISTA SUPERIOR NA LATERAL	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	0,720
	COSTURAR VISTA	COSTUREIRA	MAQ. COSTURAR 1AG.	1,256
TOTAL -- >				12,473
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				17,273


Anexo XXVI – Folha de estudo de tempos – Sistema Inicial – Modelo E

 Modelo: E	RISCAR GASPEA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		COSTURAR ENFEITE FRONTAL 4X1		COSTURAR LATERAL DIANTEIRA 4X1		COSTURAR LATERAL 4X1		COSTURAR MASCOTE 4X1		COSTURAR TRASEIRO 4X1		COSTURAR ENFEITE B NA LATERAL 4X1		COSTURAR VISTA SUPERIOR NA LATERAL		COSTURAR VISTA	
	A		C		C		D		E		G		H		I		J		K	
	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
Nº OBS																				
1		0,532		0,221		0,412		0,360		0,561		0,252		0,501		0,451		0,348		0,600
2		0,526		0,212		0,414		0,358		0,558		0,244		0,485		0,440		0,338		0,602
3		0,520		0,216		0,390		0,362		0,568		0,252		0,486		0,439		0,340		0,596
4		0,528		0,210		0,394		0,356		0,552		0,252		0,480		0,434		0,336		0,594
5		0,522		0,206		0,386		0,354		0,562		0,256		0,478		0,445		0,338		0,592
6		0,536		0,212		0,392		0,362		0,556		0,260		0,486		0,441		0,342		0,596
7		0,530		0,215		0,398		0,360		0,560		0,254		0,480		0,447		0,340		0,598
8		0,534		0,211		0,396		0,355		0,554		0,250		0,496		0,450		0,346		0,602
9		0,538		0,216		0,398		0,354		0,552		0,256		0,482		0,444		0,342		0,600
10		0,535		0,212		0,396		0,356		0,550		0,248		0,462		0,422		0,344		0,594
11		0,526		0,208		0,390		0,360		0,546		0,246		0,480		0,423		0,338		0,590
12		0,530		0,212		0,404		0,362		0,554		0,244		0,482		0,436		0,340		0,590
13		0,524		0,210		0,394		0,364		0,560		0,250		0,476		0,432		0,342		0,596
14		0,512		0,214		0,408		0,362		0,556		0,246		0,474		0,440		0,344		0,588
15		0,520		0,212		0,394		0,360		0,562		0,246		0,470		0,451		0,340		0,586
16		0,516		0,216		0,402		0,366		0,566		0,244		0,468		0,451		0,338		0,600
17						0,400		0,362		0,568				0,470		0,442				0,594
18						0,396		0,366		0,559				0,478		0,440				0,590
19																				
20																				

ELEMENTOS	A		A		A		A		A		A		A		A		A			
T. TEMPO (seg)																				
T. TEMPO (c.min.)	8,429		3,403		7,164		6,479		10,044		4,000		8,634		7,928		5,456		10,708	
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		18		18		18		16		18		18		16		18	
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	2	1	2	1
T. BASE	1,054		0,425		1,592		1,440		2,232		1,000		1,919		1,762		0,682		1,190	
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%		95%	
T. NORMAL	1,001		0,404		1,512		1,368		2,120		0,950		1,823		1,674		0,648		1,130	
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
T. PADRÃO	1,112		0,449		1,680		1,520		2,356		1,056		2,025		1,860		0,720		1,256	

Anexo XXVII – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M0) – Modelo E


Ficha Técnica de Operações

FOTO DO MODELO	DADOS DO MODELO
	<p>Sistema : SISTEMA MODULAR</p> <p>Modelo : E</p> <p>Método: M0</p>


Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE FRONTAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,242
	CORTAR LATERAL DIANTEIRA 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,260
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,286
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,236
	CORTAR ENFEITE DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,084
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	TOTAL -- >			
B	PRENSAR REFORÇO DA BIQUEIRA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
	PRENSAR REFORÇO DA GRAVATA	MULTIOPERADOR	MÁQ. PRENSAR	0,440
TOTAL -- >				0,880
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MESA	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE COSTURA	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	2,590
	COSTURAR FALSAS NA GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS	MULTIOPERADOR	MQ. PROGRAMADA	1,800
	RECORTAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -- >				5,040
E				
TOTAL -- >				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				8,728

Anexo XXVIII – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M0) – Modelo E

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

		POSICIONAR PEÇAS NO GABARITO DE COSTURA		COSTURAR FALSAS NA GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		RECORTAR GASPEA	
Modelo: E		A		E		C		F	
Sistema modular (M0)		A		E		C		F	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		1,242		0,853		0,221		0,312
	2		1,146		0,853		0,212		0,310
	3		1,137		0,853		0,216		0,308
	4		1,227		0,853		0,210		0,306
	5		1,234		0,853		0,206		0,296
	6		1,256		0,853		0,212		0,302
	7		1,242		0,853		0,215		0,308
	8		1,191		0,853		0,211		0,310
	9		1,213		0,853		0,216		0,308
	10		1,229		0,853		0,212		0,316
	11		1,275		0,853		0,208		0,312
	12		1,242		0,853		0,212		0,308
	13		1,248		0,853		0,210		0,302
	14		1,242		0,853		0,214		0,306
	15		1,248		0,853		0,212		0,308
	16		1,256		0,853		0,216		0,318
	17								
	18								
	19								
	20								
ELEMENTOS	A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)									
T. TEMPO (c.min.)	19,630		13,640		3,403		4,930		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	2,454		1,705		0,425		0,616		
AVALIAÇÃO	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	2,331		1,620		0,404		0,585		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	2,590		1,800		0,449		0,650		

Anexo XXIX – Ficha técnica de operações – Sistema Modular (M1) – Modelo E

Ficha Técnica de Operações				
FOTO DO MODELO		DADOS DO MODELO		
		Sistema : SISTEMA MODULAR Modelo : E Método: M1		
Conjunto de operações	Descrição Da Operação	Função	Máquinas Equipamento	Tempo Par
A	CORTAR NYLON DA GÁSPEA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,254
	CORTAR BIQUEIRA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,170
	CORTAR ENFEITE FRONTAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,242
	CORTAR LATERAL DIANTEIRA 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,260
	CORTAR LATERAL 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,286
	CORTAR GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,177
	CORTAR TRASEIRO 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,246
	CORTAR MASCOTE 4X1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,236
	CORTAR ENFEITE DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,084
	CORTAR ENFEITE "B" 4x1	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,114
	CORTAR REFORÇO DA GRAVATA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
	CORTAR REFORÇO COURAÇA	CORTADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,145
TOTAL -- >				2,359
B	POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ	MULTIOPERADOR	MESA	1,859
	FAZER ALTA FREQ. NA PLACA DA GÁSPEA	MULTIOPERADOR	MÁQ. FREQUENCIAR	0,669
TOTAL -- >				2,528
	COSTURAR ZIG NO TRASEIRO	MULTIOPERADOR	MESA	0,449
TOTAL -- >				0,449
D	POSICIONAR GÁSPEA NO GABARITO DE COSTURA	MULTIOPERADOR	MESA PREPARAÇÃO	0,450
	COSTURAR FALSAS NA GÁSPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS	MULTIOPERADOR	MQ. PROGRAMADA	1,800
	RECORTAR GÁSPEA	MULTIOPERADOR	BALANCIM HIDRAULICO	0,650
TOTAL -- >				2,900
E				
TOTAL -- >				0,000
TEMPO TOTAL DO MODELO -- >>				8,236

Anexo XXX – Folha de estudo de tempos – Sistema Modular (M1) – Modelo E

FOLHA DE REGISTRO DE CRONOMETRAGEM

Modelo: E		POSICIONAR PEÇAS NA MATRIZ		FAZER ALTA FREQ. NA PLACA DA GASPEA		COSTURAR ZIG NO TRASEIRO		POSICIONAR GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS NO GABARITO		COSTURAR FALSAS NA GASPEA C/ PEÇAS SOBREPOSTAS		RECORTAR GASPEA	
Sistema modular (M1)		A		B		C		D		E		F	
FOLHA DE ESTUDOS DE TEMPOS	Nº OBS	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T
	1		0,892		0,317		0,221		0,202		0,853		0,312
	2		0,823		0,317		0,212		0,216		0,853		0,310
	3		0,816		0,317		0,216		0,213		0,853		0,308
	4		0,881		0,317		0,210		0,202		0,853		0,306
	5		0,886		0,317		0,206		0,225		0,853		0,296
	6		0,902		0,317		0,212		0,228		0,853		0,302
	7		0,892		0,317		0,215		0,205		0,853		0,308
	8		0,855		0,317		0,211		0,221		0,853		0,310
	9		0,871		0,317		0,216		0,220		0,853		0,308
	10		0,882		0,317		0,212		0,206		0,853		0,316
	11		0,915		0,317		0,208		0,222		0,853		0,312
	12		0,892		0,317		0,212		0,201		0,853		0,308
	13		0,896		0,317		0,210		0,213		0,853		0,302
	14		0,892		0,317		0,214		0,221		0,853		0,306
	15		0,896		0,317		0,212		0,208		0,853		0,308
	16		0,902		0,317		0,216		0,210		0,853		0,318
	17												
	18												
	19												
	20												
ELEMENTOS	A		A		A		A		A		A		
T. TEMPO (seg)													
T. TEMPO (c.min.)	14,093		5,072		3,403		3,413		13,640		4,930		
Nº OBSERVAÇÕES	16		16		16		16		16		16		
FREQ. LÓGICA	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
T. BASE	1,762		0,634		0,425		0,427		1,705		0,616		
AValiação	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	D	E1	
COEFICIENTE	95%		95%		95%		95%		95%		95%		
T. NORMAL	1,674		0,602		0,404		0,405		1,620		0,585		
TOLERÂNCIA	10%		10%		10%		10%		10%		10%		
T. PADRÃO	1,859		0,669		0,449		0,450		1,800		0,650		

Anexo XXXI – RESUMO DE TEMPOS/CUSTO DOS TRÊS MÉTODOS

Método Convencional (Atual)						
Modelo / Conj. OP	Conj. OP A	Conj. OP B	Conj. OP C	Conj. OP D	Conj. OP E	Total
Modelo A	1,486	0,880	1,329	0,000	6,186	9,881
Modelo B	2,359	0,880	1,561	0,000	12,473	17,273
Modelo C	1,937	0,440	1,861	0,000	9,628	13,866
Modelo D	1,854	1,540	1,393	0,000	7,246	12,033
Modelo E	3,305	3,300	1,644	0,000	6,056	14,305
Média --- >>	2,188	1,408	1,558	0,000	8,318	13,472
Custo --- >>	R\$ 1,20	R\$ 0,77	R\$ 0,86	R\$ 0,00	R\$ 4,57	R\$ 7,41

Método Modular (M0)						
Conj. OP /Modelo	Conj. OP A	Conj. OP B	Conj. OP C	Conj. OP D	Conj. OP E	Total
Modelo A	1,486	0,880	0,449	3,250	0,000	6,065
Modelo B	2,359	0,880	0,449	5,040	0,000	8,728
Modelo C	1,937	0,440	0,449	5,066	0,000	7,892
Modelo D	1,854	1,540	0,449	2,897	0,000	6,740
Modelo E	3,305	3,300	0,449	4,682	0,000	11,736
Média --- >>	2,188	1,408	0,449	4,187	0,000	8,232
Custo --- >>	R\$ 1,20	R\$ 0,77	R\$ 0,25	R\$ 2,30	R\$ 0,00	R\$ 4,53

Método Modular (M1)						
Modelo / Conj. OP	Conj. OP A	Conj. OP B	Conj. OP C	Conj. OP D	Conj. OP E	Total
Modelo A	1,418	1,759	0,449	1,950	0,000	5,576
Modelo B	2,359	2,528	0,449	2,900	0,000	8,236
Modelo C	1,937	1,881	0,449	3,185	0,000	7,452
Modelo D	1,507	1,410	0,449	2,637	0,000	6,003
Modelo E	2,316	2,862	0,449	2,480	0,000	8,107
Média --- >>	1,907	2,088	0,449	2,630	0,000	7,075
Custo --- >>	R\$ 1,05	R\$ 1,15	R\$ 0,25	R\$ 1,45	R\$ 0,00	R\$ 3,89