

PEDRO FRANKE MOSSI

REDUÇÃO DO LEAD TIME DE PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

São Paulo

2020

PEDRO FRANKE MOSSI

REDUÇÃO DO LEAD TIME DE PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

São Paulo

2020

PEDRO FRANKE MOSSI

REDUÇÃO DO LEAD TIME DE PRODUÇÃO
EM UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Mossi, Pedro Franke

Redução do *lead time* de produção em uma indústria de confecção/ P. F. Mossi -- São Paulo, 2020.

129 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.. SMED 2. S&OP 3. OEE 4. Lead time I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

À minha família e namorada, pelo amor e suporte que sempre me deram, sendo fundamentais para a conquista desta graduação.

Aos meus amigos da Poli, pelo companheirismo, bom humor e suporte ao longo desses anos de graduação.

Ao professor Dario Ikuo Miyake, pela dedicação e por todo o conhecimento passado durante a orientação do presente trabalho.

*“Tudo o que temos de decidir é o que
fazer com o tempo que nos é dado.”*

J. R. R. Tolkien

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a redução do *lead time* de produção de uma indústria de confecção. A partir de uma detalhada análise de seu processo produtivo e de planejamento de suprimentos, constatou-se que o longo *lead time* é a causa dos principais problemas enfrentados pela empresa. Com o objetivo de reduzi-lo, o estudo focou em melhorar o desempenho operacional da empresa e aumentar a efetividade do seu processo de planejamento de suprimentos. Na primeira frente de ação, por meio de análises baseadas no método de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e na avaliação do aproveitamento da capacidade dos recursos de produção pelos indicadores atrelados ao Overall Equipment Effectiveness (OEE), identificou-se que a duração excessiva dos *setups* de máquina de três das etapas da produção são a principal causa-raiz do longo *lead time*. A aplicação do método Single-Minute Exchange of Dies (SMED), proposto por Shingo, permitiu uma redução substancial dos tempos de *setup* e o incremento da capacidade produtiva de tais etapas, contribuindo para a redução do *lead time*. Na segunda frente de ação, foi realizado um estudo para planejar a implementação da metodologia Planejamento de Vendas e Operações (S&OP), que mostra-se capaz de eliminar as deficiências de planejamento identificadas e de permitir que a empresa mantenha o seu *lead time* em níveis baixos no longo prazo.

ABSTRACT

The objective of this study is to reduce the manufacturing lead time of a clothing factory. A thorough analysis of the factory's current production processes and operations planning identified the long lead time as the cause of severe problems faced by the company. To reduce the lengthy lead time, the study focused on increasing the factory's operational performance and improving the effectiveness of its operations planning. Firstly, the use of tools such as Value Stream Mapping and Overall Equipment Effectiveness revealed that the excessive setup times of three production steps were the root-cause of the long manufacturing lead time. The application of the Single-Minute Exchange of Die method, proposed by Shingo, allowed for substantial reductions of setup times and an increase in production capacity, thereby helping to reduce lead time. Secondly, the study outlined an implementation plan for the Sales and Operations Planning (S&OP) process, with the goal of enabling the company to maintain a short manufacturing lead time in the long term.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Fachada da sede da Confecção	24
Figura 1.2 - Principais marcas parceiras.....	24
Figura 1.3 - Macroprocesso de planejamento da produção e suprimentos.....	30
Figura 1.4 - Fluxograma do processo produtivo	30
Figura 1.5 - Estoque de matéria-prima	31
Figura 1.6 - Setor de Corte	32
Figura 1.7 - Equipamentos de estampagem.....	33
Figura 1.8 - Estufa	33
Figura 1.9 - Setor de Bordado	34
Figura 1.10 - Equipamento de plotagem	35
Figura 1.11 - Equipamento de sublimação	35
Figura 1.12 - Máquina de transferência térmica.....	36
Figura 1.13 - Setor de Costura.....	37
Figura 1.14 - Tabela de controle de produtividade do Setor de Costura	37
Figura 1.15 - Setor de Acabamento e Embalagem	38
Figura 1.16 - Planta baixa da fábrica.....	39
Figura 1.17 - Organograma da Confecção.....	40
Figura 2.1 - Estrutura de tempos e perdas do OEE	50
Figura 2.2 - Estágios do SMED.....	52
Figura 2.3 - Relações entre famílias e recursos	56
Figura 2.4 - Processo mensal do S&OP	57
Figura 3.1 - Mapa do fluxo de valor da Família A (Sublimação e Estampagem)	70
Figura 3.2 - Mapa do fluxo de valor da Família B (Bordado).....	71
Figura 4.1 - <i>Checklist</i> de <i>setup</i> de bordado	109
Figura 4.2 - <i>Checklist</i> de <i>setup</i> de estampagem.....	110
Figura 4.3 - <i>Checklist</i> de <i>setup</i> de sublimação	110
Figura 4.4 - Proposta de planilha de S&OP	113
Figura 4.5 - Proposta de Relatório de Recursos	114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por grupo de marcas	26
Gráfico 1.2 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por categoria de produtos	28
Gráfico 1.3 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por tamanho de produtos	28
Gráfico 1.4 - Quantidade de funcionários por área	41
Gráfico 1.5 - Tempo médio para entrega de pedidos por mês de aceitação do pedido em 2019 (dias)	42
Gráfico 1.6 - % Pedidos OTIF em 2019	42
Gráfico 1.7 - N° de entregas por pedido em 2019	43
Gráfico 1.8 - Parcela terceirizada da produção em 2019	44
Gráfico 3.1 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por etapa(s) empregada(s) ...	66
Gráfico 3.2 - Volume vendido com entrega programada para o mês (produtos/mês)	75
Gráfico 3.3 - Componentes do OEE	80
Gráfico 3.4 - Diagramas de Pareto das perdas com paradas não programadas	81
Gráfico 4.1 - Duração do <i>setup</i> de bordado no estado atual	87
Gráfico 4.2 - Duração do <i>setup</i> de estampagem no estado atual	90
Gráfico 4.3 - Duração do <i>setup</i> de sublimação no estado atual	92
Gráfico 4.4 - Tempos de <i>setup</i> de bordado após Estágio 1 do SMED.....	94
Gráfico 4.5 - Tempos de <i>setup</i> de estampagem após Estágio 1 do SMED.....	95
Gráfico 4.6 - Tempos de <i>setup</i> de sublimação após Estágio 1 do SMED.....	96
Gráfico 4.7 - Tempos de <i>setup</i> de sublimação após estágios 1 e 2 do SMED	98
Gráfico 4.8 - Tempos de <i>setup</i> de bordado após aplicação do SMED.....	100
Gráfico 4.9 – Gráfico Homem-Máquina do <i>setup</i> de bordado	101
Gráfico 4.10 - Tempos de <i>setup</i> de estampagem após aplicação do SMED.....	104
Gráfico 4.11 – Gráfico Homem-Máquina do <i>setup</i> de estampagem.....	105
Gráfico 4.12 - Tempos de <i>setup</i> de sublimação após aplicação do SMED	106
Gráfico 4.13 – Gráfico Homem-Máquina do <i>setup</i> de sublimação	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Marcas dos produtos.....	26
Tabela 1.2 - Principais categorias de produtos	27
Tabela 2.1 - Principais símbolos do mapeamento de fluxo de valor	48
Tabela 3.1 - Parâmetros e resultados da amostragem para estimação dos tempos de ciclo (T/C)	67
Tabela 3.2 - Parâmetros e resultados da amostragem para estimação dos tempos de <i>setup</i> (TR)	68
Tabela 3.3 - Turnos de trabalho.....	73
Tabela 3.4 - Turnos e capacidade por etapa do processo produtivo.....	73
Tabela 3.5 - Dias no mês	74
Tabela 3.6 - Capacidade produtiva (partes/mês)	74
Tabela 3.7 - Média de partes por produto.....	75
Tabela 3.8 - Produção demandada (partes/mês)	76
Tabela 3.9 - Taxa de utilização da capacidade (%)	76
Tabela 3.10 - Cálculo do Tempo de Operação por etapa em novembro de 2019 (horas)	78
Tabela 3.11 - Índice de Tempo Operacional	78
Tabela 3.12 - Tempo de ciclo e volume produzido	78
Tabela 3.13 - Índice de Desempenho Operacional.....	79
Tabela 3.14 - Volume rejeitado	79
Tabela 3.15 - Índice de Qualidade.....	79
Tabela 3.16 - OEE e suas componentes	80
Tabela 3.17 - Tempo médio e quantidade média e de <i>setups</i> por dia útil	82
Tabela 4.1 - Parâmetros e resultados da amostragem de tempos das operações de <i>setup</i> de bordado	86
Tabela 4.2 - Classificação das operações de <i>setup</i> de bordado	86
Tabela 4.3 - Parâmetros e resultados de amostragem de tempos das operações de <i>setup</i> de estampagem	88
Tabela 4.4 - Classificação das operações de <i>setup</i> de estampagem	89
Tabela 4.5 - Parâmetros de amostragem de tempos das operações de <i>setup</i> de sublimação....	91
Tabela 4.6 - Classificação das operações de <i>setup</i> de sublimação	92
Tabela 4.7 - Separação de operações de <i>setup</i> de bordado.....	93
Tabela 4.8 - Separação de operações de <i>setup</i> de estampagem.....	95

Tabela 4.9 - Separação de <i>setup</i> de sublimação.....	96
Tabela 4.10 - Operações de <i>setup</i> de sublimação ao final do SMED	98
Tabela 4.11 - Operações de <i>setup</i> de bordado ao final do SMED	100
Tabela 4.12 - Operações de <i>setup</i> de estampagem ao final do SMED	103
Tabela 4.13 - Cálculo da parcela ocupada do tempo de trabalho do(s) novo(s) operador(es).....	108
Tabela 4.14 - Etapas propostas para o processo de S&OP	115
Tabela 4.15 - Etapas do projeto de implementação do S&OP na Confecção	118
Tabela 5.1 - Tempos de <i>setup</i> no estado atual e após a aplicação do SMED	119
Tabela 5.2 - ITO no estado atual e após a aplicação do SMED.....	119
Tabela 5.3 - Valores de capacidade real após a aplicação do SMED	119
Tabela 5.4 - Taxa de utilização da capacidade após a aplicação do SMED	120
Tabela 5.5 - CPV unitário e custo unitário de terceirização	121
Tabela 5.6 - Impacto financeiro da iniciativa (agosto a dezembro de 2019).....	121
Tabela 5.7 - Ações propostas para eliminar as deficiências de planejamento identificadas..	122
Tabela 8.1 - Medidas de tempos de ciclo.....	127
Tabela 8.2 - Medidas de tempos de <i>setup</i>	127
Tabela 8.3 - Medidas de tempo das operações de <i>setup</i> de bordado	128
Tabela 8.4 - Medidas de tempo das operações de <i>setup</i> de sublimação	128
Tabela 8.5 - Medidas de tempo das operações de <i>setup</i> de estampagem.....	129

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	23
1.1.	EMPRESA DE REALIZAÇÃO	23
1.1.1.	Descrição da empresa.....	23
1.1.2.	Produtos.....	25
1.1.3.	Planejamento da produção e suprimentos	28
1.1.4.	Processo de fabricação	30
1.1.5.	Layout da fábrica.....	38
1.1.6.	Estrutura organizacional.....	40
1.2.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	41
1.2.1.	Alto nível de atrasos de pedidos.....	41
1.2.2.	Alto número de entregas por pedido	42
1.2.3.	Terceirização excessiva da produção	43
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	45
2.1.	CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS	45
2.2.	MEDIDAS DE TEMPO DE PRODUÇÃO.....	45
2.3.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	46
2.4.	ESTIMATIVA DE PARÂMETROS – TAMANHO DAS AMOSTRAS	48
2.5.	OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)	49
2.6.	SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED)	51
2.7.	PLANEJAMENTO DE VENDAS E OPERAÇÕES (S&OP)	54
2.7.1.	Definição	54
2.7.2.	Benefícios do S&OP	54
2.7.3.	Conceito de volume agregado e detalhado.....	55
2.7.4.	Entradas e saídas de informações do S&OP	55
2.7.5.	O processo mensal do S&OP	57
2.7.6.	Implementação do S&OP.....	60
2.8.	MÉTODO DE HOLT-WINTERS DE PREVISÃO DE DEMANDA	63
3.	DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA	65
3.1.	VISÃO GERAL.....	65
3.2.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DA CONFECÇÃO.....	65
3.2.1.	Escolha das famílias de produtos	65
3.2.2.	Estudo de tempos	66

3.2.3.	Esclarecimento sobre unidades de medida utilizadas	68
3.2.4.	Mapas do fluxo de valor	68
3.3.	ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO.....	72
3.3.1.	Identificação de etapas sobrecarregadas	72
3.3.2.	Cálculo do OEE	77
3.3.3.	Identificação da causa-raiz	80
3.4.	ANÁLISE DAS DEFICIÊNCIAS DE PLANEJAMENTO	82
4.	DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE SOLUÇÃO.....	85
4.1.	APLICAÇÃO DO SMED	85
4.1.1.	Estágio Preliminar	85
4.1.2.	Estágio 1: Separar <i>setup</i> interno de <i>setup</i> externo	93
4.1.3.	Estágio 2: Converter <i>setup</i> interno para <i>setup</i> externo	97
4.1.4.	Estágio 3: Simplificar todos os aspectos das operações de <i>setup</i>	99
4.2.	ELABORAÇÃO DE CHECKLIST DE SETUP	108
4.3.	APLICAÇÃO DO S&OP.....	111
4.3.1.	Visão geral	111
4.3.2.	Famílias de produtos.....	112
4.3.3.	Planilha do S&OP	113
4.3.4.	Rotina mensal de S&OP	114
4.3.5.	Plano de implementação do S&OP.....	117
5.	RESULTADOS ESPERADOS	119
5.1.	IMPACTOS DA REDUÇÃO DOS TEMPOS DE SETUP	119
5.2.	IMPACTOS DA APLICAÇÃO DO S&OP.....	121
6.	CONCLUSÃO	123
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
8.	APÊNDICES	127
8.1.	APÊNDICE 1: MEDIDAS DE TEMPOS DE CICLO E TEMPOS DE SETUP 127	
8.2.	APÊNDICE 2: MEDIDAS DE TEMPO DAS OPERAÇÕES DE SETUPS... 128	

1. INTRODUÇÃO

Segundo Taiichi Ohno, considerado o pai do Sistema Toyota de Produção, “o progresso não pode ser gerado quando estamos satisfeitos com as situações existentes.” Nesse sentido, no caso de uma indústria de manufatura, a busca pela melhoria contínua de seu processo produtivo é essencial para que um estado de excelência possa ser atingido. Nessa busca, a identificação dos problemas presentes e de suas causas-raízes é primordial. Ohno (1997) afirma que: “quando surge um problema, se a nossa busca pela causa não for completa, as ações efetivadas podem ficar desfocadas.”

O presente trabalho de formatura, que marca a conclusão do curso de Engenharia de Produção na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, estuda o caso de uma empresa do segmento de vestuário. O trabalho tem como objetivo propor soluções para os principais problemas enfrentados pela empresa, a partir de uma minuciosa análise dos seus processos produtivo e de planejamento, da investigação das causas-raízes dos problemas identificados e do levantamento de alternativas para contorná-las de uma forma multidisciplinar, empregando diferentes conceitos, métodos e ferramentas.

O estudo foi realizado com alto grau de interação com os colaboradores da empresa e amplo acesso aos seus dados. Além disso, durante a sua realização, o autor teve livre acesso à fábrica para observação dos processos produtivos. Desse modo, espera-se que as soluções propostas possuam grande aderência com a realidade da empresa e possam causar impactos significativos na qualidade de sua operação.

1.1. EMPRESA DE REALIZAÇÃO

1.1.1. Descrição da empresa

Por motivos de confidencialidade dos dados apresentados, no presente trabalho, a empresa de estudo receberá o nome fictício de Confecção.

A Confecção é uma empresa que desenha e fabrica produtos de vestuário, como camisetas, regatas, casacos e *shorts*. A empresa foi fundada em 1985 na cidade de Petrópolis, RJ, onde sua sede administrativa e fábrica permanecem até hoje. Empresa familiar, a Confecção possuía 402 funcionários em novembro de 2019.

Figura 1.1 - Fachada da sede da Confecção

Fonte: elaborada pelo autor

Apesar de atuar de forma esporádica também em outras linhas de negócio, a Confecção sempre teve como foco o mercado esportivo, em especial os produtos voltados para o público entusiasta de futebol. A Confecção é pioneira no licenciamento de vestuário das marcas de clubes de futebol brasileiros. Desde 1996, especializa-se em atender a demanda do segmento chamado de “esporte casual”, utilizando as marcas dos clubes em seus produtos. Assim, contribui para a maior visibilidade destas marcas e gera maiores receitas para seus parceiros.

Figura 1.2 - Principais marcas parceiras

Fonte: elaborada pelo autor

Com o objetivo de diversificar seu negócio, a Confecção lançou, em 2018, uma marca própria de produtos de vestuário apropriados para a prática de exercícios físicos. Destaca-se, também, as recentes parcerias realizadas com ex-jogadores de grandes clubes de futebol brasileiros para a produção de roupas “esporte casual” com seus nomes. Por fim, a empresa também possui disponibilidade para desenvolvimento e fabricação de produtos personalizados para marcas externas (segmento *private label*).

Apesar de atuar majoritariamente com fabricação interna, uma minoria da produção da Confecção é feita através de fabricação externa. Isso ocorre quando a demanda em um determinado mês supera a capacidade da fábrica ou quando não se possui a *expertise* interna necessária para a fabricação de determinado produto.

O perfil e porte de seus clientes é variado, abrangendo desde pequenas lojas especializadas em esporte até grandes redes de varejo, como Centauro e Netshoes. A Confecção atualmente não possui canais de venda direta, mas um projeto de *e-commerce* próprio está em desenvolvimento.





A seguir estão listados a missão, visão e valores da Confecção:

- **Missão:** vestir o desejo dos consumidores com criatividade.
- **Visão:** oferecer produtos desejados pelos consumidores, gerando valor para a empresa, parceiros e clientes.
- **Valores:**
 - i. Somos voltados para vendas;
 - ii. Usamos cordialidade nas relações;
 - iii. Somos éticos;
 - iv. Valorizamos o desempenho e o bem-estar dos funcionários;
 - v. Nossas atitudes são voltadas para o desenvolvimento social;
 - vi. Somos receptivos a novas ideias e ao aprendizado;
 - vii. Respeitamos o meio ambiente.

1.1.2. Produtos

A Confecção trabalha com duas coleções anuais de produtos com, ao todo, aproximadamente 1600 *Stock Keeping Units* (SKUs) cada uma (já considerados os diferentes tamanhos). Os produtos estão divididos em 4 grupos de marcas, apresentadas na Tabela 1.1. Destaca-se que o grupo “clubes de futebol” possui 8 marcas diferentes.

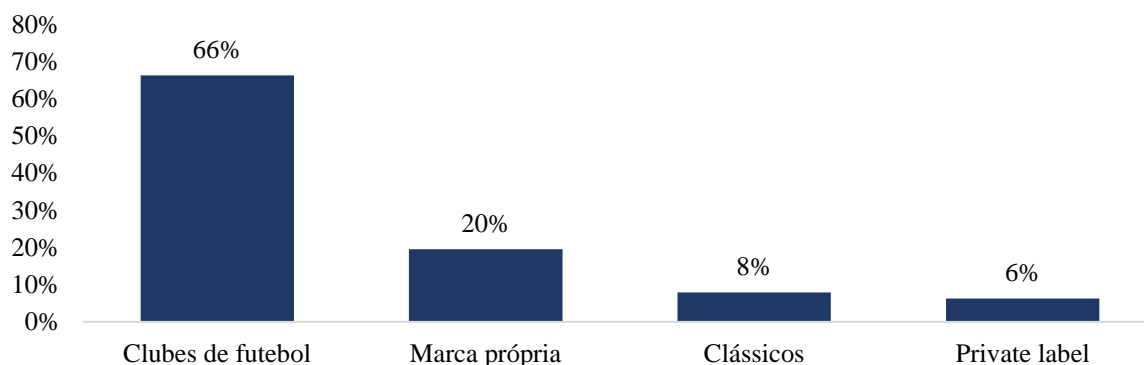
Tabela 1.1 - Marcas dos produtos

Grupos de marcas	Descrição	Ilustração
Clubes de futebol	Produtos licenciados por clubes de futebol brasileiros voltados para o segmento “esporte casual”	
Marca própria	Produtos voltados para a prática de esportes e exercícios físicos	
Clássicos	Produtos licenciados por célebres ex-jogadores de futebol, como Zico e Andrade	
<i>Private Label</i>	Produtos personalizados para outras marcas	

Fonte: elaborada pelo autor

O Gráfico 1.1 apresenta a distribuição do volume total produzido em 2019 por grupo de marca. Observa-se que os produtos dos clubes de futebol representaram aproximadamente dois terços do volume total produzido em 2019, sendo ainda a principal fonte de receita da empresa.

Gráfico 1.1 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por grupo de marcas



Fonte: elaborado pelo autor

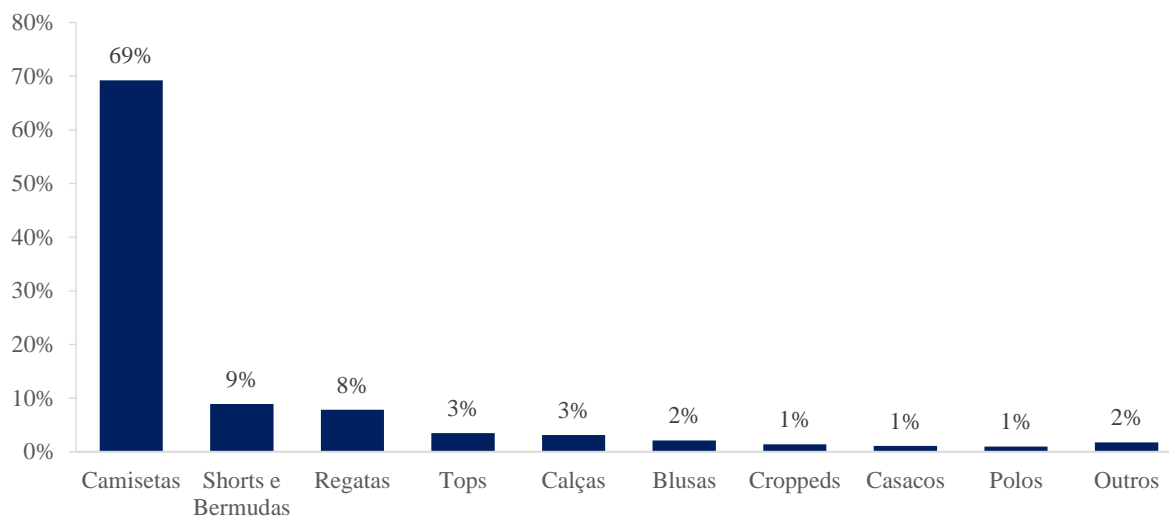
Além de classificados em marcas, os produtos comercializados pela Confecção também podem ser divididos em 9 principais categorias, apresentadas na Tabela 1.2.

Tabela 1.2 - Principais categorias de produtos

Categoria de produtos	Imagem	Categoria de produtos	Imagem
Camisetas		Shorts/Bermudas	
Regatas		Tops	
Calças		Blusas	
Croppedes		Casacos	
Polos			

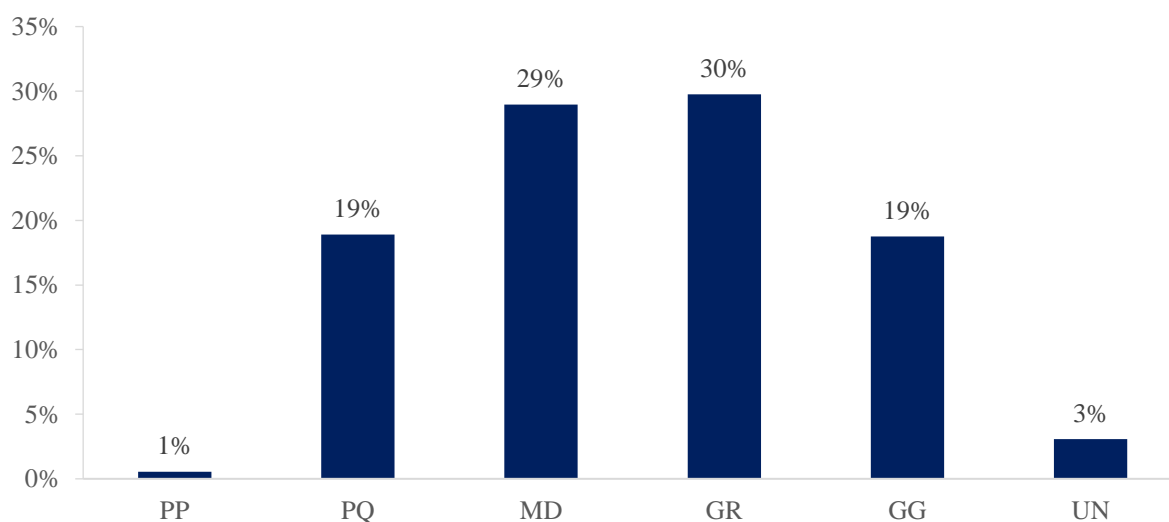
Fonte: elaborada pelo autor

O Gráfico 1.2 apresenta a distribuição do volume total produzido em 2019 por categoria de produtos. Observa-se uma grande concentração de volume em camisetas, que representaram 69% da produção da Confecção em 2019. As três principais categorias (camisetas, *shorts* e bermudas e regatas) concentraram 86% do volume total.

Gráfico 1.2 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por categoria de produtos

Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, os produtos são fabricados em 6 tamanhos diferentes. O Gráfico 1.3 apresenta a parcela de cada tamanho no volume total produzido em 2019.

Gráfico 1.3 - Distribuição do volume total produzido em 2019 por tamanho de produtos

Fonte: elaborado pelo autor

1.1.3. Planejamento da produção e suprimentos

Até 2018, a Confecção trabalhava com uma estratégia *make-to-stock*, ou seja, planejava a produção com base em previsões de demanda e estocava os produtos aguardando a chegada de pedidos. As previsões de demanda eram realizadas duas vezes ao ano durante os

lançamentos das coleções semestrais, quando o setor de vendas realiza exposições com potenciais clientes em diferentes regiões do Brasil e verifica o interesse do mercado. Além disso, havia uma rotina de ajustes mensais da demanda projetada.

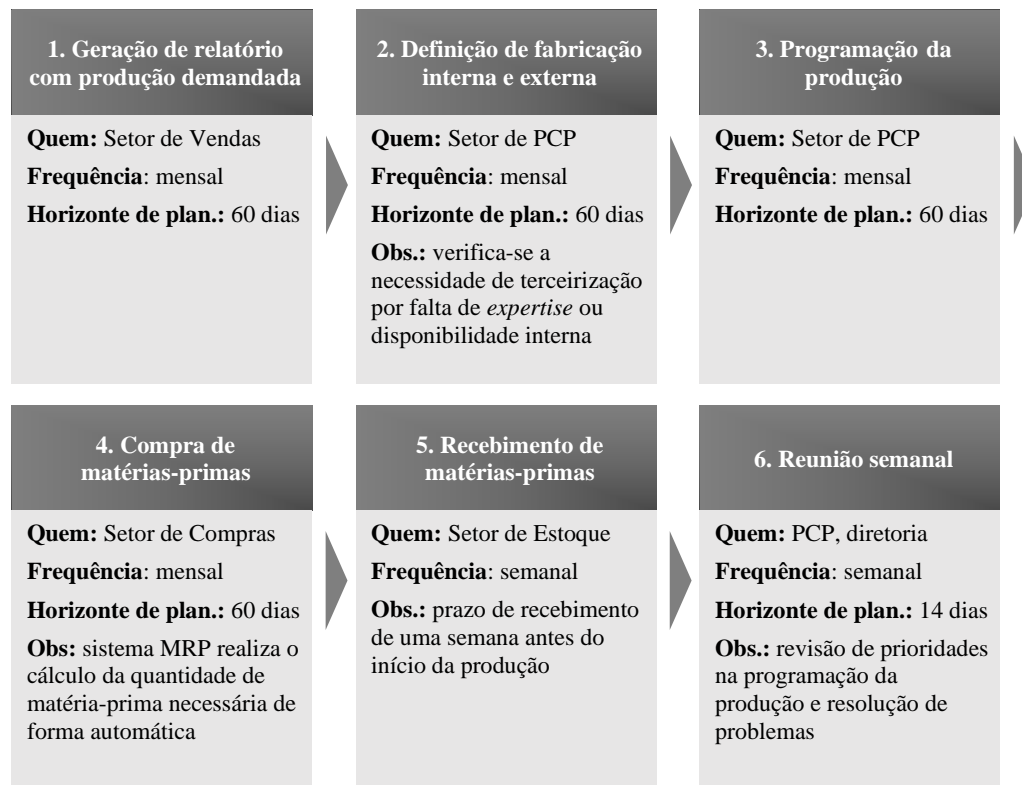
Nos últimos anos, porém, a empresa tem obtido pedidos superiores à capacidade de produção e tem trabalhado com prazos de entrega mais longos. Por essa razão, a produção tem sido programada simplesmente com base nas vendas já realizadas para os meses seguintes. O planejamento de suprimentos e logística, então, também tem sido realizado levando-se em consideração apenas os pedidos em carteira. Dessa forma, pode-se constatar que a empresa trabalha, atualmente, com uma estratégia *make-to-order*, mesmo que não haja customização da maioria dos produtos vendidos.

A política de vendas da Confecção permite o recebimento de pedidos de qualquer volume, não trabalhando com tamanhos de lote mínimos. Por exemplo, varejistas de pequeno porte podem efetuar a compra de até mesmo apenas uma unidade de determinado SKU. Tal diretriz permite à empresa obter um maior volume de vendas, já que não restringe seus clientes pelo porte. Por outro lado, a fabricação de pequenos volumes de forma fracionada poderia tornar muito custosa a operação da Confecção. Por isso, a empresa opta por agregar todos os pedidos de determinado SKU que devem ser entregues em prazos próximos para serem fabricados juntos em uma mesma ordem de produção. O planejamento e controle da produção (PCP), então, é realizado com base nestas ordens de produção.

A Figura 1.3 apresenta o macroprocesso de planejamento da produção e suprimentos utilizado pela Confecção. Ele é composto por duas rotinas, uma mensal e semanal. A rotina mensal possui horizonte de planejamento de 2 meses e tem como objetivo realizar a programação da produção e efetuar compras de matérias-primas com base nos pedidos recebidos. O horizonte de planejamento foi determinado a partir dos prazos de entrega exigidos pelos fornecedores de matérias-primas: 100% dos fornecedores trabalham com prazos de até 60 dias, o que torna factível o início da fabricação em 2 meses após o planejamento. Por exemplo, no início de janeiro é definida a programação semanal da produção de março, e as matérias-primas são adquiridas junto aos fornecedores para serem recebidas na semana anterior ao início da fabricação.

Já a rotina semanal consiste em uma reunião com o intuito de revisar a programação da produção para as duas semanas seguintes, considerando atrasos, novas prioridades e problemas enfrentados.

Figura 1.3 - Macroprocesso de planejamento da produção e suprimentos

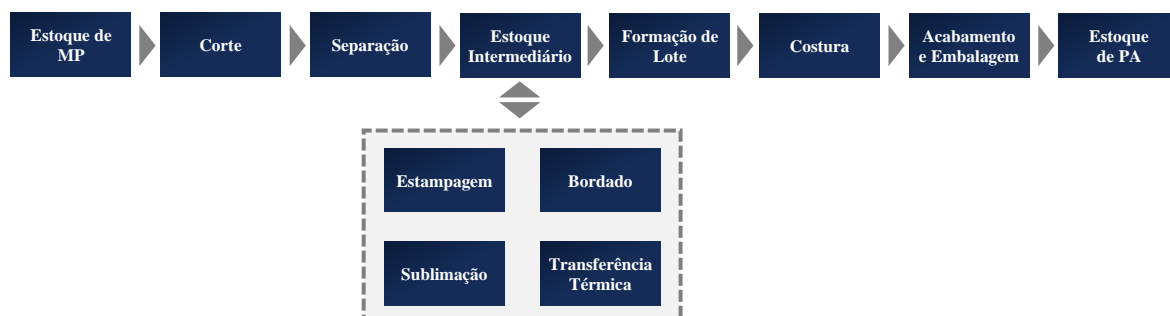


Fonte: elaborada pelo autor

1.1.4. Processo de fabricação

A Figura 1.4 apresenta uma visão geral do processo de fabricação da Confecção. Cada uma das etapas do processo corresponde a um setor da produção com pessoal próprio (com exceção do Estoque Intermediário, que não possui funcionários exclusivos). A seguir, serão descritas cada uma das etapas.

Figura 1.4 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: elaborada pelo autor

a) Estoque de matéria-prima

As principais matérias-primas utilizadas no processo de fabricação são tecidos sintéticos, como poliéster e poliamida. Estes são adquiridos por peso e acondicionados em rolos, que em média pesam cerca de 15 kg cada um. Os rolos são armazenados em grandes estantes (como as apresentadas na Figura 1.5) após serem pesados e etiquetados.

No início do processo de fabricação, os funcionários do Estoque recebem a ordem de produção e separam os materiais necessários. Estes são então dispostos em local externo ao estoque para aguardarem a sua retirada pelo pessoal do Setor de Corte.

Figura 1.5 - Estoque de matéria-prima



Fonte: elaborada pelo autor

b) Corte

O Setor de Corte é responsável por cortar o tecido de acordo com os moldes de cada produto. O setor é composto por duas longas mesas dispostas em paralelo (como mostra a Figura 1.6) em que o tecido é desenrolado, e por uma máquina automática de corte, que é movida entre as mesas por meio de trilhos. O processo segue as seguintes etapas:

- i. Os moldes de corte são definidos utilizando-se um *software* que minimiza o desperdício de tecido;
- ii. O tecido é desenrolado e esticado sobre a mesa por equipamentos chamados de enfiadeiras;
- iii. Camadas de tecido são empilhadas conforme o volume necessário para atender a ordem de produção;
- iv. A máquina de corte é movida até a mesa específica por meio dos trilhos;

- v. Por fim, a máquina de corte realiza o corte de acordo com o encaixe definido pelo *software*.

Figura 1.6 - Setor de Corte



Fonte: elaborada pelo autor

c) Separação

Em um mesmo processo de corte podem ser processados materiais de diferentes SKUs, desde que estes utilizem o mesmo tecido e cor. Por isso, faz-se necessário separar os tecidos já cortados com base nas ordens de produção antes que sigam para as respectivas etapas seguintes. Para isso, o Setor de Separação etiqueta os produtos, coloca-os em caixas e os transporta ao Estoque Intermediário.

d) Estoque intermediário

Após o corte, os produtos podem passar por um ou mais processos de beneficiamento, como estampagem, bordado, sublimação e transferência térmica. Para isso, é utilizado um estoque intermediário, que armazena temporariamente os produtos semiacabados e funciona como um entreposto entre os setores seguintes.

O estoque intermediário consiste em uma bancada em que são dispostas as caixas que contém os produtos semiacabados de cada ordem de produção. Os setores de beneficiamento são responsáveis pelo transporte das caixas até o estoque intermediário.

e) Estampagem

O processo de estampagem consiste em transferir um desenho ou frase para o tecido. Ele é realizado em duas grandes máquinas de estampagem automática (como mostra a Figura 1.7), operadas por funcionários que colocam e retiram o tecido das placas de apoio das máquinas. As máquinas são compostas por uma base circular rotatória, na qual o tecido é disposto sobre placas de apoio, e por braços que suportam telas de estampa ou equipamentos de secagem. Quando a placa de apoio alcança a posição de um determinado braço, este realiza a estampagem de forma automática, posicionando a tela de estampa sobre o tecido e, em seguida, pressionando a tinta contra a tela.

Figura 1.7 - Equipamentos de estampagem



Fonte: elaborada pelo autor

Após a estampagem, o tecido é aquecido a 130 °C em uma estufa com esteira rolante (apresentada na Figura 1.8) com o objetivo de aumentar a fixação da tinta.

Figura 1.8 - Estufa



Fonte: elaborada pelo autor

f) Bordado

O processo de bordado é realizado por uma máquina automática de vinte cabeças (como mostra a Figura 1.9), ou seja, que tem a capacidade de bordar vinte produtos ao mesmo tempo. Para isso, o tecido é preso em um suporte circular, que, em seguida, é fixado na máquina. Após a fixação de todos os vinte tecidos, a máquina é ligada. Quando o processo é finalizado, os tecidos são transportados para uma bancada onde os suportes são removidos e uma primeira fase de acabamento é realizada.

Figura 1.9 - Setor de Bordado



Fonte: elaborada pelo autor

g) Sublimação

Assim como a estampagem, a sublimação é um processo de transferência de decorações para o tecido. Diferentemente do primeiro, porém, a sublimação tem a capacidade de fazer a transferência sem aumentar a espessura e peso do produto de forma substancial. Por isso, ela é utilizada quando a decoração é grande proporcionalmente à área do produto, como no caso em que listras cobrem toda a superfície do tecido.

O processo é realizado em cinco etapas, conforme seguem:

- i. Três máquinas de plotagem imprimem o desenho a ser aplicado sobre o tecido em um rolo de papel, como mostra a Figura 1.10;
- ii. O rolo é transportado para uma máquina chamada de calandra (Figura 1.11), que efetivamente realiza a sublimação, ou seja, a transferência do desenho impresso para o tecido através de um processo contínuo;
- iii. O rolo de papel impresso é esticado pela máquina e, sobre ele, são posicionados os tecidos;

- iv. Para dar suporte e manter esticado o tecido, uma segunda camada de papel (neste caso, papel pardo) é disposta sobre ele;
- v. O tecido, envolvido pelas duas camadas de papel, então, atravessa uma série de tubos metálicos aquecidos, que possibilitam a transferência do desenho.

Figura 1.10 - Equipamento de plotagem



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 1.11 - Equipamento de sublimação



Fonte: elaborada pelo autor

h) Transferência Térmica

Quando deseja-se transferir uma decoração muito pequena ao produto, como um logotipo, torna-se muito custosa a utilização do processo de estampagem. Por isso, nestes casos, utiliza-se o processo de transferência térmica. A decoração vem no formato de um adesivo, que é

termicamente colado no tecido por uma máquina específica (Figura 1.12). A Confecção possui quatro destas máquinas, operadas, cada uma, por um funcionário.

Figura 1.12 - Máquina de transferência térmica



Fonte: elaborada pelo autor

i) Formação de Lote

Após passarem pelos setores de beneficiamento (estampagem, bordado, sublimação e transferência térmica), os diferentes componentes do produto final são reunidos pelo Setor de Formação de Lote para irem para o Setor de Costura.

Entre os principais componentes estão o corpo do produto, as mangas e golas, além das etiquetas. Estes são agregados nas proporções corretas e enviados para serem costurados.

j) Costura

O Setor de Costura é o maior da empresa, possuindo 189 colaboradores divididos em 2 turnos. Os funcionários deste setor trabalham em 12 linhas de produção paralelas, com 6 a 8 pessoas cada (por turno). As linhas são compostas por ilhas – bancadas onde os funcionários realizam as operações de costura.

Em uma ilha, os funcionários trabalham em paralelo executando sempre a mesma tarefa de costura, sendo o trabalho bastante especializado. Eles recebem caixas contendo os componentes dos produtos a serem costurados e realizam as operações num tempo fixo de até 30 minutos. Ao fim dos 30 minutos, as caixas são transferidas para a ilha seguinte até que produtos sejam finalizados (no fim da linha). A movimentação das caixas é realizada através de trilhos que passam rente a uma das laterais das ilhas.

Figura 1.13 - Setor de Costura



Fonte: elaborada pelo autor

Para controle de produtividade, são utilizados quadros de apontamento da produção (um por ilha), onde são marcadas a quantidade de produtos processados a cada 30 minutos. A Figura 1.14 apresenta um desses quadros.

Figura 1.14 - Tabela de controle de produtividade do Setor de Costura

Time:		Ref.:		Meta 100%:		Meta:		T.P.:	
Hora	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
Prod.									
Hora	12:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30
Prod.									
Oper.	Operação	T.P.	Pç.	Carga	Oper.	Operação	T.P.	Pç.	Carga

Fonte: elaborada pelo autor

k) Acabamento e Embalagem

Após costuradas, os produtos já estão em sua forma final. O Setor de Acabamento e Embalagem tem a função de realizar uma última inspeção de qualidade, retirar excessos de linhas e tecido, passar, dobrar e embalar os produtos individualmente.

Figura 1.15 - Setor de Acabamento e Embalagem



Fonte: elaborada pelo autor

l) Estoque de Produto Acabado

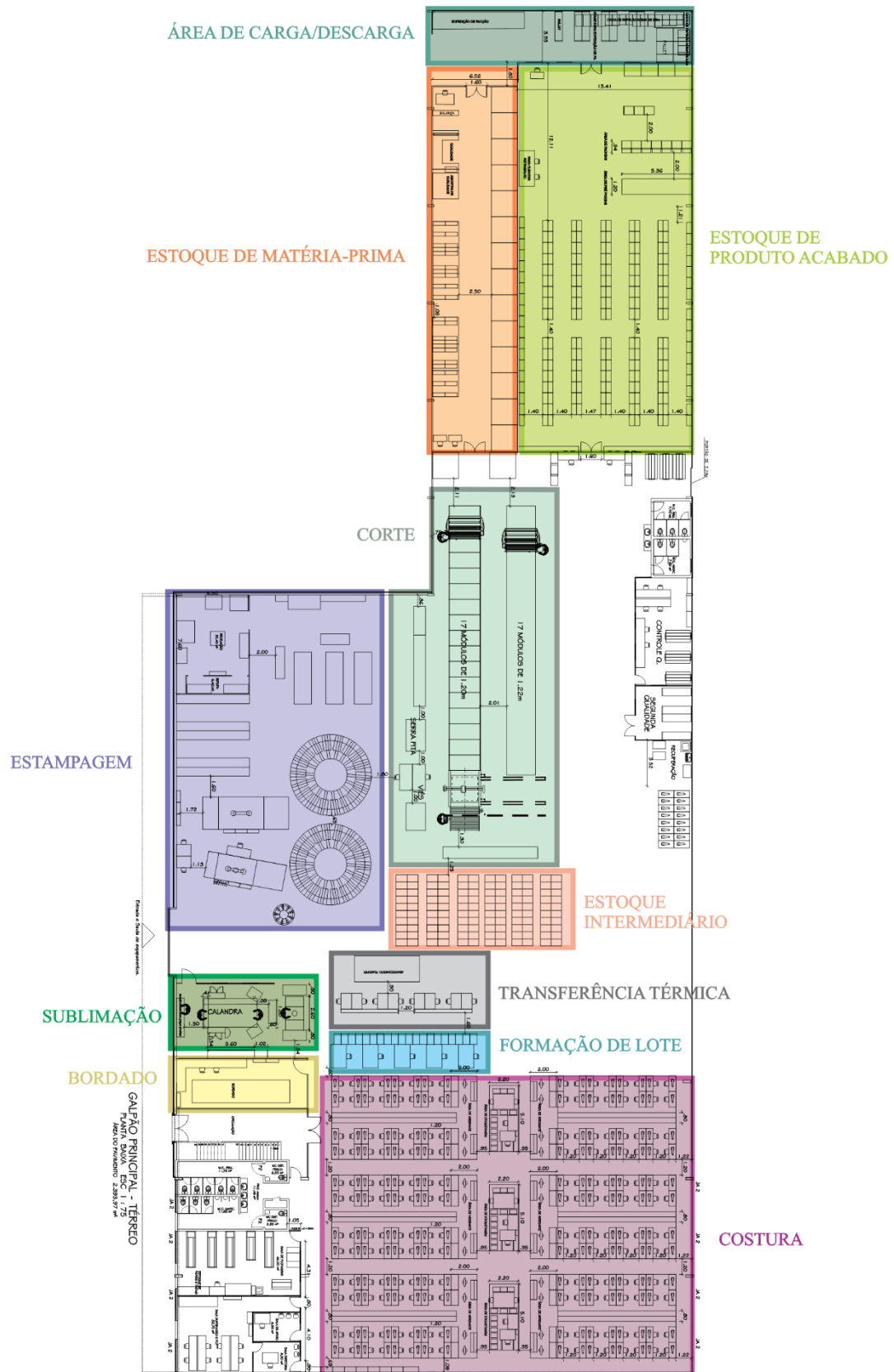
Por fim, os produtos já embalados são transferidos para o Estoque de Produto Acabado, onde são armazenados até a retirada pela transportadora contratada.

1.1.5. Layout da fábrica

A fábrica da Confecção consiste em um galpão de 2.394 m². No andar superior do mesmo imóvel estão estabelecidas as áreas administrativas (não inclusas nos 2.394 m²). As instalações da Confecção ainda incluem um prédio anexo com restaurante, vestiários, sala de descanso, sala de jogos e berçário, no qual as funcionárias podem deixar seus filhos de até um ano de idade sob o cuidado de uma profissional enquanto trabalham.

A Figura 1.16 apresenta a planta baixa da fábrica, com os diferentes setores da produção e armazenagem identificados.

Figura 1.16 - Planta baixa da fábrica

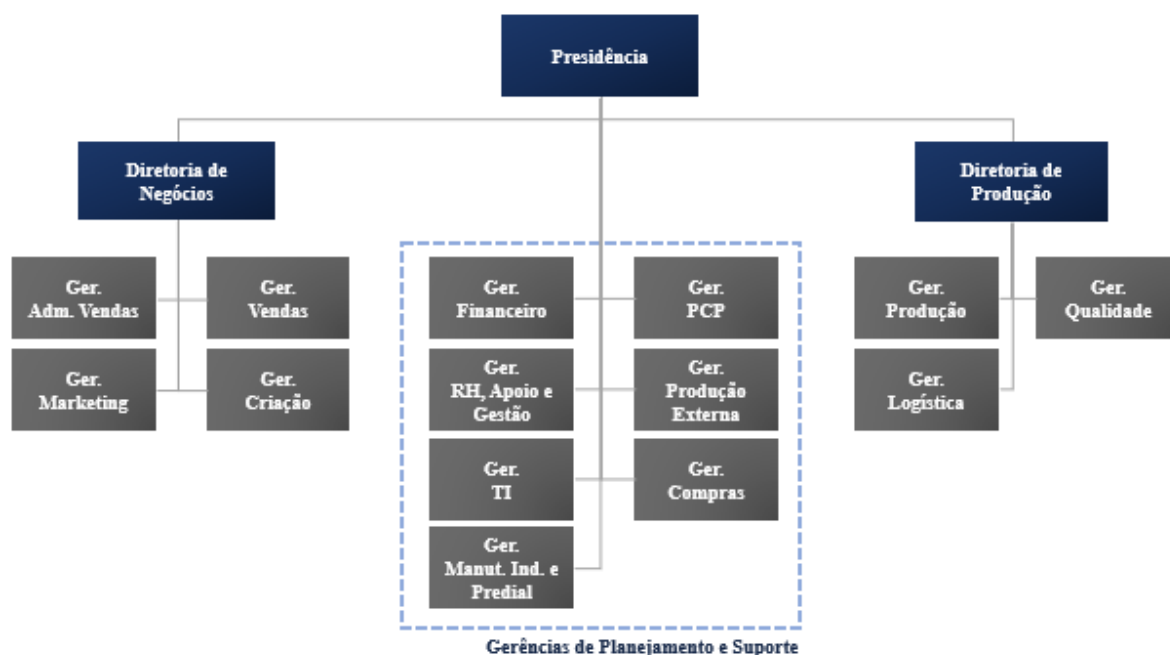


Fonte: elaborada pelo autor

1.1.6. Estrutura organizacional

Em novembro de 2019, a Confecção possuía 402 funcionários. Sua estrutura organizacional é do tipo funcional, ou seja, os recursos estão divididos em departamentos de acordo com a função que exercem na empresa. A Figura 1.17 apresenta o organograma da Confecção.

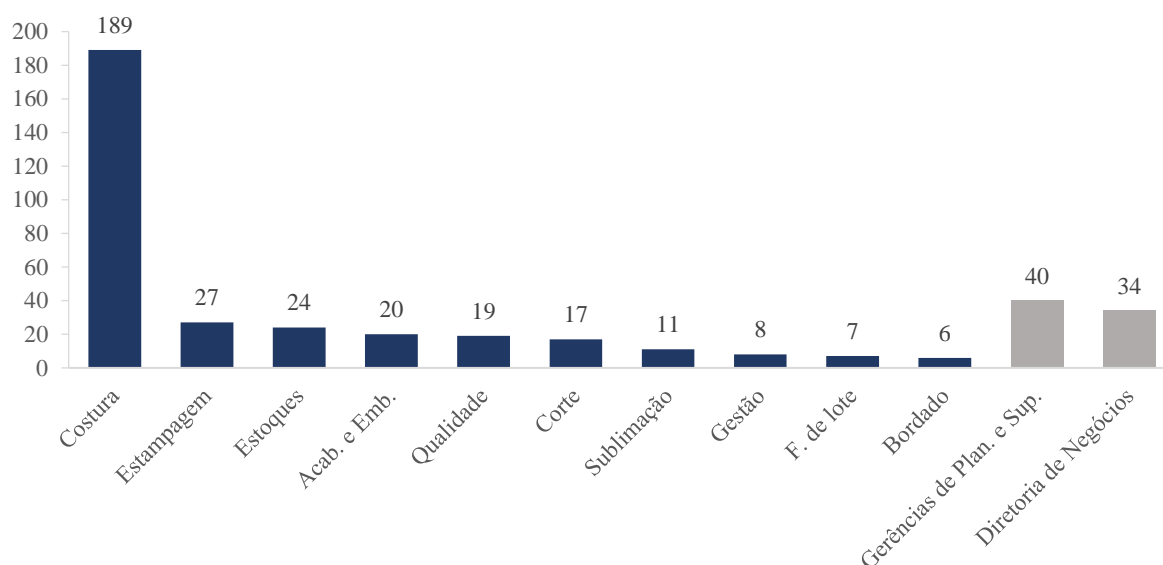
Figura 1.17 - Organograma da Confecção



Fonte: elaborada pelo autor

Abaixo do presidente estão as Diretorias de Negócios e de Produção. A primeira é responsável pelas vendas, *marketing* e criação de produtos, sendo assim a área da empresa focada em identificar tendências e demandas do mercado, desenvolver produtos de acordo com elas, promovê-los e comercializá-los. Já a Diretoria de Produção é responsável pela fabricação interna dos produtos, pelo controle de qualidade e pela logística. Respondem diretamente para o presidente, ainda, outras seis gerências com funções de planejamento e suporte.

O Gráfico 1.4 exibe a quantidade de funcionários da Confecção por setor. As barras em azul correspondem às áreas da Diretoria de Produção, enquanto as barras em cinza correspondem às demais diretorias de forma consolidada. Observa-se que a Diretoria de Produção possui 328 funcionários, o que equivale a 82% do total da empresa. Além disso, verifica-se que o Setor de Costura, com 189 funcionários, corresponde por 47% do total.

Gráfico 1.4 - Quantidade de funcionários por área

Fonte: elaborado pelo autor

1.2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

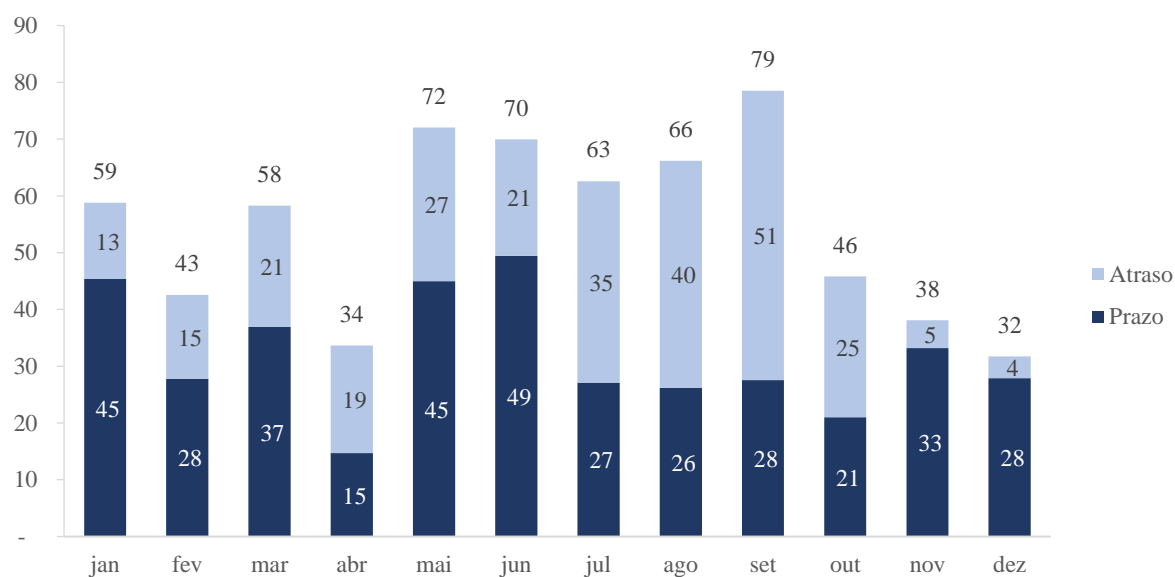
Nesta seção serão descritos os principais problemas atualmente enfrentados pela Confecção.

1.2.1. Alto nível de atrasos de pedidos

Em 2019, com a crescente demanda por seus produtos, a Confecção apresentou um grave problema de atrasos na entrega de pedidos.

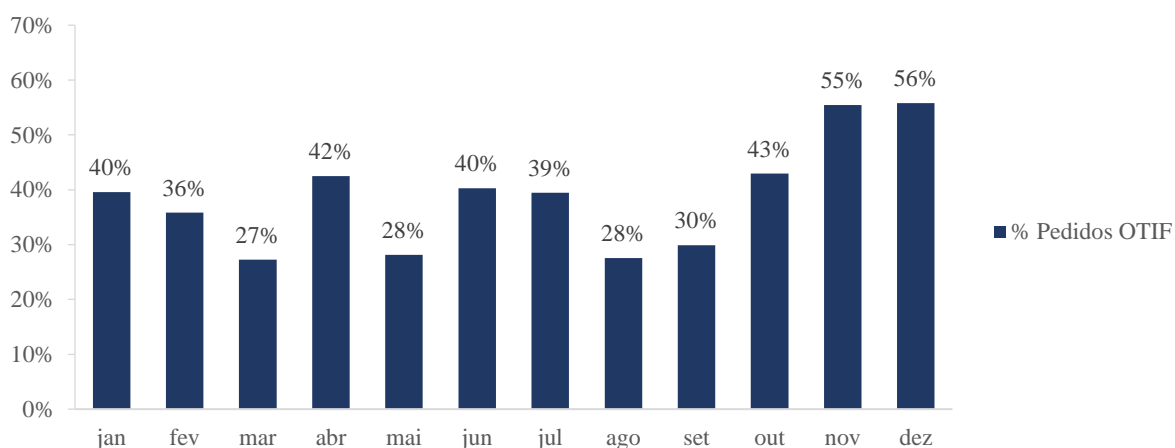
O Gráfico 1.5 mostra o tempo médio de entrega de pedidos em 2019, dividido em duas componentes: dias dentro do prazo e dias em atraso. Em primeiro lugar, observa-se uma grande variabilidade do tempo de entrega total ao longo dos meses. Enquanto os pedidos recebidos em dezembro, por exemplo, levaram uma média de 32 dias para serem entregues, os pedidos recebidos em setembro levaram 79 dias em média.

Além disso, é possível verificar que em todos os meses ocorreram atrasos e que houve uma variação sazonal na magnitude desses atrasos. Em alguns meses, como em agosto e setembro, os atrasos fizeram com que o tempo total de entrega atingisse quase o triplo do prazo de entrega previsto.

Gráfico 1.5 - Tempo médio para entrega de pedidos por mês de aceitação do pedido em 2019 (dias)

Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 1.6 exibe a percentagem (%) de pedidos com entrega *on time in full* (OTIF), ou seja, que foram entregues por completo no prazo correto, em 2019. É possível observar que os valores são bastante baixos, não ultrapassando 56%. Nos piores meses, menos de um terço dos pedidos foram entregues no prazo e na quantidade combinada com o cliente.

Gráfico 1.6 - % Pedidos OTIF em 2019

Fonte: elaborado pelo autor

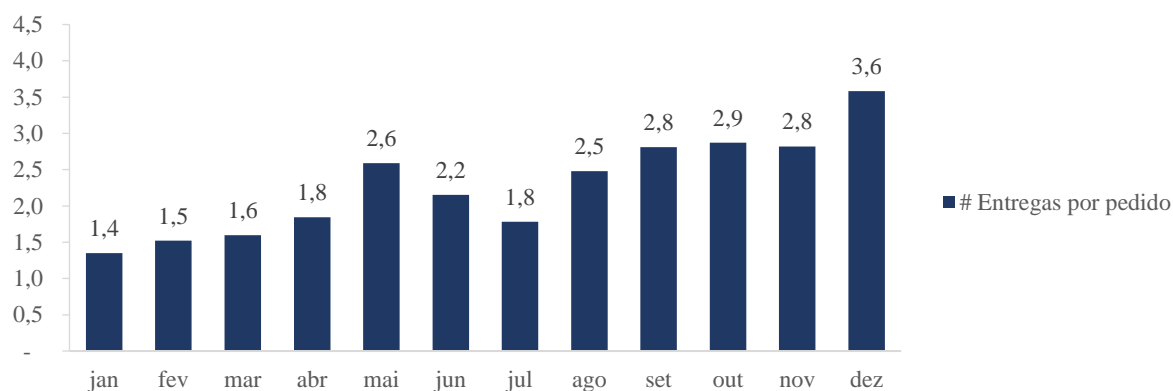
1.2.2. Alto número de entregas por pedido

Outro indicador utilizado pela empresa é o número de entregas necessárias para se concluir um pedido. Idealmente, a Confecção gostaria de realizar apenas uma entrega por

pedido. Por conta dos atrasos na produção e eventuais erros de fabricação, porém, este número é consideravelmente maior.

O Gráfico 1.7 mostra o comportamento deste indicador em 2019. Em todos os meses, o valor esteve acima da meta estipulada. No mês de dezembro, o valor chegou a 3,6 entregas por pedido. Esse cenário é prejudicial por dois motivos: em primeiro lugar, reduz a credibilidade da empresa frente aos seus clientes, reduzindo sua competitividade. Em segundo lugar, torna mais custosa a operação, tanto pelo aumento de gastos com fretes, quanto pela maior complexidade exigida para organizar as entregas.

Gráfico 1.7 - Nº de entregas por pedido em 2019



Fonte: elaborado pelo autor

1.2.3. Terceirização excessiva da produção

Parte da produção da Confecção é terceirizada para outros fabricantes nacionais. A terceirização pode ocorrer por dois motivos:

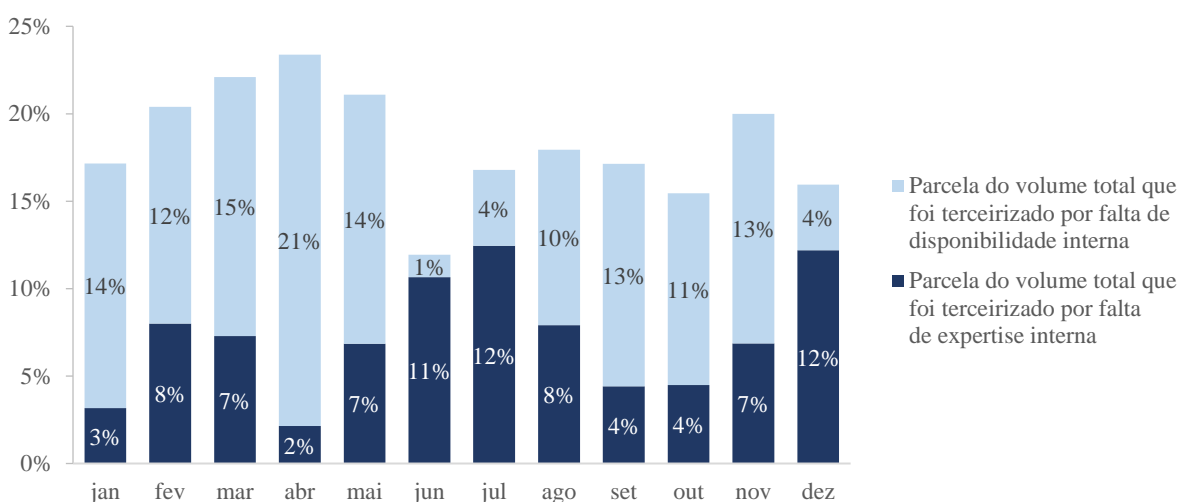
- i. A empresa não possui a *expertise* necessária para fabricar internamente determinado produto, como consequência da falta de equipamentos necessários ou da maior complexidade dos processos exigidos;
- ii. A empresa não possui disponibilidade para fabricar internamente determinado pedido no prazo exigido pelo cliente, por conta de uma alta taxa de utilização da capacidade interna.

A empresa considera aceitável a terceirização devido à falta de *expertise* interna, já que para obtê-la seriam necessários investimentos cuja relação custo/benefício, de acordo com a diretoria, não é satisfatória. Já a terceirização devido à falta de disponibilidade é avaliada

como um problema, já que ela provém de uma deficiência no planejamento da capacidade de produção da fábrica. Por esse motivo, é chamada de “terceirização excessiva”.

O Gráfico 1.8 exibe a parcela da produção total de 2019 que foi terceirizada por motivos de falta de disponibilidade ou falta de *expertise* interna. Observa-se que, em todos os meses, parte da produção teve de ser terceirizada devido à falta de disponibilidade. Em 10 dos 12 meses do ano, a terceirização devido à falta de disponibilidade foi superior à devido à falta de *expertise*.

Gráfico 1.8 - Parcela terceirizada da produção em 2019



Fonte: elaborado pelo autor

No resultado consolidado do ano de 2019, verifica-se que 18% do volume faturado no ano foi terceirizado. Do volume total, 11% foi terceirizado devido à falta de disponibilidade, o que indica a frequência de ocorrência da terceirização excessiva.

As desvantagens de um alto nível de terceirização da produção incluem a falta de controle de prazos e da qualidade dos produtos. Além disso, no caso da Confecção, tal prática tende a aumentar o custo unitário dos produtos, seja por conta da margem cobrada pelo fabricante terceiro ou pela necessidade de fretes adicionais para transportar os produtos finalizados até o estoque localizado na empresa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS PRODUTIVOS

Segundo Arnold (1999), empresas orientadas ao consumidor tem como objetivo atender ou até mesmo superar as expectativas de seus clientes. Para que isso seja possível, todas as suas funções devem contribuir para uma estratégia que atinja tal objetivo. Tendo em vista as diferentes necessidades dos consumidores relativas à customização dos produtos e a prazos de entrega, o autor descreve quatro estratégias de manufatura básicas:

- **Projeto único (*engineer-to-order*):** os pedidos dos clientes requerem projetos de engenharia únicos ou um alto grau de customização. Por essa razão, o tempo de entrega costuma ser longo, já que engloba os períodos de desenvolvimento do projeto, compra de materiais, fabricação, montagem e envio;
- **Produção sob encomenda (*make-to-order*):** a empresa inicia a produção apenas quando recebe um pedido. O produto final normalmente é composto por partes padronizadas, mas também pode incluir componentes customizados. O estoque consiste principalmente de matérias-primas;
- **Montagem contra pedido (*assemble-to-order*):** a empresa mantém estoques de componentes a serem montados ao receber pedidos dos clientes. O envolvimento dos clientes no projeto do produto limita-se a selecionar entre os componentes disponíveis;
- **Produção para estoque (*make-to-stock*):** a empresa produz e estoca os produtos finais até a chegada de pedidos dos clientes. Desse modo, o envolvimento dos clientes no projeto do produto é mínimo.

2.2. MEDIDAS DE TEMPO DE PRODUÇÃO

O tempo de ciclo (T/C) é o tempo alocado para fazer uma peça ou unidade (OHNO, 1997). Segundo Rother e Shook (1999), ele pode ser entendido como o tempo que o operador leva para percorrer todos os elementos que compõem seu trabalho antes de repeti-los.

Já o tempo com valor agregado (VA) representa o tempo dos elementos de trabalho que de fato transformam o produto de maneira a dar-lhe características pelas quais o cliente esteja disposto a pagar (ROTHER e SHOOK, 1999).

Por fim, o *lead time* é o tempo necessário para um produto deslocar-se através de um processo ou fluxo de valor do início ao fim (ROTHER e SHOOK, 1999).

2.3. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O mapeamento do fluxo de valor é um método proposto por Mike Rother e John Shook que tem o objetivo de auxiliar a visão e entendimento do fluxo de materiais e informações na cadeia de valor de um produto. Ele consiste em uma representação visual dos processos pelos quais os materiais passam e do fluxo de informações envolvidos (ROTHER e SHOOK, 1999).

Segundo Rother e Shook (1999), os benefícios da utilização do mapeamento do fluxo de valor incluem:

- Permitir a visão do fluxo completo, ao invés de somente um dos processos;
- Possibilitar o mapeamento das fontes de perdas;
- Prover uma linguagem comum sobre o processo de manufatura;
- Permitir que a tomada de decisões seja realizada pela gerência;
- Mostrar a relação existente entre o fluxo de materiais e de informações;
- Unir conceitos e técnicas distintas em uma só ferramenta.

Rother e Shook (1999) propõem os passos listados a seguir para realizar o mapeamento do fluxo de valor. De acordo com os autores, os passos c), d) e e) devem ser realizados de forma iterativa, de modo a tornar o estado futuro a ser implementado em um novo estado atual.

- a) Selecionar uma família de produtos:** a análise deve focar somente em uma família de produtos por vez. Uma família é um grupo de produtos que passam por processos produtivos e equipamentos similares. Caso o *mix* de produtos seja muito complexo, a utilização de uma matriz de produtos e processos pode auxiliar na visualização das famílias;
- b) Definir um gerente do fluxo de valor:** pessoa responsável por entender o fluxo de valor de uma família de produtos e propor formas de melhorá-la;
- c) Desenhar o mapa do estado atual,** a partir da coleta de informações no chão de fábrica;
- d) Desenhar o mapa do estado futuro,** a partir do que se deseja atingir em termos de fluxo de materiais e informações;
- e) Definir plano de ação:** preparar e iniciar um plano de implementação que descreva, em uma página, como atingir o estado futuro.

Para exemplificar o desenho de um mapa do fluxo de valor, Rother e Shook (1999) utilizam a empresa fictícia Acme, uma estamparia de metais. A família de produtos considerada para ilustrar sua aplicação é a de suportes de direção para carros.

Em primeiro lugar, os autores representam o cliente da Acme com um símbolo de fábrica no lado direito superior da folha, acima de uma caixa de dados com seus requisitos de produção. Os fornecedores também são representados com um símbolo de fábrica, dispostos no lado esquerdo superior da folha (ROTHER e SHOOK, 1999).

Em seguida, o processo de produção é desenhado utilizando caixas de processo, uma para cada etapa. As caixas de processo são posicionadas na parte inferior da página, e preenchidas da esquerda para a direita. Nelas, são registradas informações úteis para descrever como é o estado atual e como o estado futuro deve ser. Algumas informações que podem ser relevantes estão listadas a seguir (ROTHER e SHOOK, 1999):

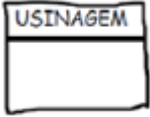
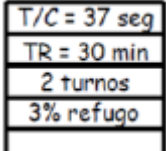





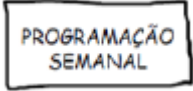


- Tempo de ciclo (T/C);
- Tempo de troca (TR);
- Número de operadores;
- Tamanho do lote;
- Tempo de operação;
- Taxa de refugo.

Em seguida, são registrados os estoques intermediários entre os processos produtivos com um símbolo de triângulo. Símbolos de caminhões são adicionados para demonstrar o recebimento de matérias primas e envio de produtos acabados. Além disso, setas finas ilustram o fluxo de informações (ROTHER e SHOOK, 1999).

Por fim, Rother e Shook (1999) propõem sumarizar a situação atual a partir de uma linha do tempo com os tempos de ciclo de cada processo e os tempos de fila nos estoques intermediários.

A Tabela 2.1 exhibe alguns dos principais símbolos propostos por Rother e Shook (1999) para a construção de um mapa de fluxo de valor.

Tabela 2.1 - Principais símbolos do mapeamento de fluxo de valor

Símbolos	Imagem	Símbolos	Imagem
Processo produtivo		Caixa de dados	
Fornecedor ou cliente		Caminhão	
Estoque		Fluxo de informação	
Operador		Informação	
Movimento de materiais em produção empurrada		Movimento de produtos acabados para o cliente	

Fonte: adaptada de Rother e Shook (1999)

2.4. ESTIMATIVA DE PARÂMETROS – TAMANHO DAS AMOSTRAS

De acordo com Costa Neto (1977), o tamanho das amostras necessárias nos casos de estimação da média ou de uma proporção populacional depende do nível de confiança $(1 - \alpha)$ desejado.

Quando o desvio-padrão σ da população é conhecido, a semi-amplitude do intervalo de confiança para a média μ da população é dada pela equação:

$$e_0 = z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.1)$$

Isolando n , é possível determinar o tamanho da amostra para se realizar a estimação por intervalo com a confiança e a previsão desejadas:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{e_0} \right)^2 \quad (2.2)$$

Quando não se conhece o desvio-padrão da população, podemos substituí-lo por sua estimativa s e usar t de Student na equação. Para isso, é colhida uma amostra-piloto de n' dados para, com base nela, obtermos uma estimativa s . Assim, será possível empregar a seguinte expressão (COSTA NETO, 1977):

$$n = \left(\frac{t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} s}{e_0} \right)^2 \quad (2.3)$$

Se $n \leq n'$, a amostra piloto já terá sido suficiente para a estimação. Caso contrário, será necessário complementá-la com a quantidade de dados necessários para alcançar o tamanho mínimo de amostra (COSTA NETO, 1977).

2.5. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

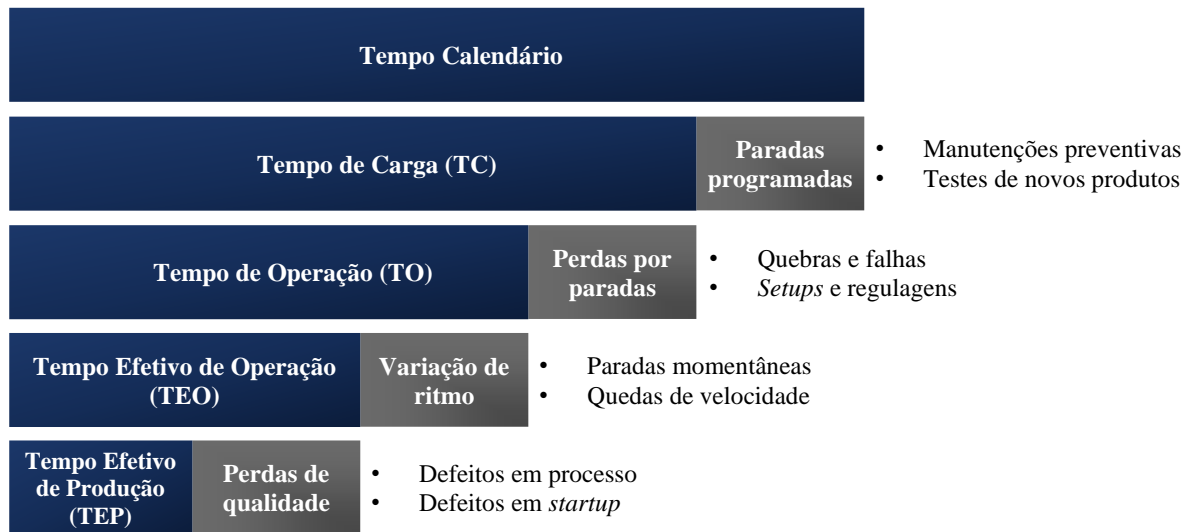
Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador proposto por Nakajima (1989), que permite avaliar a eficiência de um equipamento, processo ou linha de produção. A utilização do OEE auxilia a revelar “custos escondidos” e explicitar onde a gerência deve focar seus esforços com o objetivo de aumentar a produtividade no uso de um equipamento.

O OEE possibilita obter melhorias na eficiência global do equipamento ao reduzir as seis grandes perdas que ocorrem em seu uso (NAKAJIMA, 1989), agrupadas da seguinte forma:

- a) Perdas por paradas:
 - 1. Paradas devido a quebras/falhas;
 - 2. Paradas para realização de *setups* ou regulagens;
- b) Perdas por variação de velocidade:
 - 3. Paradas momentâneas;
 - 4. Quedas de velocidade;
- c) Perdas de qualidade:
 - 5. Defeitos em processo;
 - 6. Defeitos até a estabilização do processo (*startup*).

A Figura 2.1 representa graficamente a estrutura de tempos e perdas do OEE.

Figura 2.1 - Estrutura de tempos e perdas do OEE



Fonte: adaptada de BUSSO; MIYAKE, 2013; NACHIAPPAN; ANANTHARAMAN, 2006; BRAGLIA; FROSOLINI; ZAMORRI, 2009.

Tal estrutura possibilita realizar uma análise mais sistematizada dos recursos, uma vez que permite calcular indicadores específicos para avaliar os três tipos de perda. Os três indicadores que constituem o OEE são:

- **Índice de Tempo Operacional (ITO):** mede a disponibilidade do recurso para produzir, subtraindo, do Tempo de Carga, as perdas por paradas.

$$ITO = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Carga}} = \frac{\text{Tempo de Carga} - \text{Perdas por paradas}}{\text{Tempo de Carga}} \quad (2.4)$$

- **Índice de Desempenho Operacional (IDO):** mede o desempenho do recurso, com base nas perdas por variação de velocidade.

$$IDO = \frac{\text{Volume total} \times \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (2.5)$$

- **Índice de Qualidade (IQ):** mede a parcela de produtos aprovados pelo controle de qualidade.

$$IQ = \frac{\text{Volume total} - \text{Volume rejeitado}}{\text{Volume total}} \quad (2.6)$$

Desse modo, o OEE pode ser calculado a partir da multiplicação de ITO, IDO e IQ, conforme segue:

$$OEE = ITO \times IDO \times IQ \quad (2.7)$$

De acordo com Nakajima (1989), empresas de classe mundial buscam operar com OEE de pelo menos 85% e, para atingir tal meta, são desejáveis os seguintes valores para os índices que o compõem:

- ITO: superior a 90%;
- IDO: superior a 95%;
- IQ: superior a 99%.

2.6. SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED)

Single-Minute Exchange of Dies (SMED) é um método desenvolvido por Shigeo Shingo, que o definiu como um método para reduzir o tempo de *setup* que pode ser utilizado em qualquer tipo de equipamento em qualquer indústria. O propósito do SMED é buscar a realização de *setups* em um curtíssimo período de tempo, idealmente abaixo de 10 minutos, embora isso nem sempre seja possível (SHINGO, 1985).

Além das economias de tempo, Shingo (1985) identifica outras vantagens obtidas a partir da aplicação do SMED. Entre elas, pode-se citar:

- Eliminação de erros de *setup*;
- Aumento de segurança;
- Redução de custos;
- Aumento de capacidade de produção;
- Aumento de flexibilidade de produção.

Shingo (1985) propõe uma classificação das operações de *setup* em duas categorias:

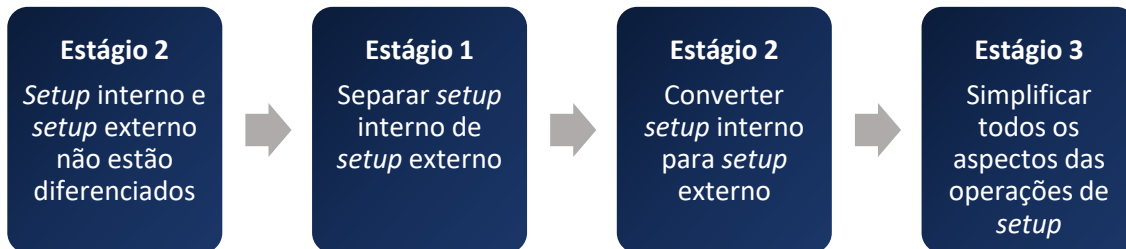
- **Setup interno:** operações executadas enquanto a máquina está parada;
- **Setup externo:** operações executadas enquanto a máquina está funcionando.

O autor propõe que a implementação do SMED seja realizada através de quatro estágios sucessivos:

- **Estágio Preliminar:** *Setup* interno e *setup* externo não estão diferenciados;
- **Estágio 1:** Separar *setup* interno de *setup* externo;

- **Estágio 2:** Procurar converter *setup* interno para *setup* externo;
- **Estágio 3:** Simplificar todos os aspectos das operações de *setup*.

Figura 2.2 - Estágios do SMED



Fonte: adaptada de Shingo (1985)

a) **Estágio Preliminar: Setup interno e setup externo não estão diferenciados**

Usualmente, as operações de *setup* são executadas sem clara distinção entre as operações de *setup* interno e de *setup* externo. Shingo (1985) propõe diferentes técnicas que podem ser utilizadas para estudar o estado atual:

- Uma análise contínua do processo de *setup* com o uso de um cronômetro;
- Entrevistas com os trabalhadores;
- Gravação em vídeo completa do processo de *setup*.

b) **Estágio 1: Separar setup interno e externo**

O principal passo da metodologia SMED consiste na realização desta separação, considerando-se o processo como é realizado antes de sua racionalização. Sobre isso, o autor afirma:

“[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED.” (SHINGO, 1985).

Após a separação, é importante garantir que operações que podem ser classificadas como *setup* externo não sejam realizadas com a máquina parada. Para isso, Shingo (1985) propõe algumas estratégias. Em primeiro lugar, o autor indica a aplicação de um *checklist* contendo as ferramentas e operações necessárias para a realização do *setup* e as especificações dos parâmetros que serão calibrados. Além disso, para que seja notada a ausência de qualquer ferramenta ou parte utilizada, Shingo (1985) sugere o uso de uma *check table* (mesa de conferência), onde são indicados o local de posicionamento de cada uma delas.

As técnicas de *checklist* e *check table* não são exclusivas, sendo recomendável utilizar as duas concomitantemente. Desse modo, enquanto o *check table* garantirá a posse de todas as ferramentas e peças necessárias, o uso do *checklist* certificará o cumprimento das operações que compõem o *setup* em sua totalidade e na ordem correta.

c) Estágio 2: Converter *setup* interno para *setup* externo

No Estágio 1 do SMED, as operações que compõem o *setup* são classificadas em *setup* interno e *setup* externo. Shingo (1985) divide este estágio em duas etapas:

- Revisão das operações com o objetivo de identificar as atividades que foram erroneamente assumidas como internas;
- Conversão destas atividades para *setup* externo.

d) Estágio 3: Simplificar todos os aspectos das operações de *setup*

O Estágio 3 do SMED consiste na realização de uma análise detalhada de cada operação do *setup* com o objetivo de propor modificações a fim de reduzir sua duração ao mínimo. Para isso, Shingo (1985) propõe algumas técnicas, como as seguintes:

- **Melhorar a organização dos estoques** de matéria prima e de peças/ferramentas com o objetivo de reduzir o tempo para encontrar e retirar o que se deseja;
- **Otimizar a forma de transporte dos insumos pela fábrica**, de modo a reduzir o tempo de deslocamento;
- **Implementar operações paralelas**, permitindo que possam ser realizadas simultaneamente por trabalhadores diferentes. A realização do SMED permite uma simplificação e sistematização das operações de maneira que até mesmo trabalhadores menos habilidosos sejam capazes de realizá-las, possibilitando a sua realização simultânea;
- **Utilizar fixadores funcionais**, que consistem em dispositivos que fixam objetos em determinado local demandando esforço mínimo, eliminando, por exemplo, a necessidade de rosquear diversas vezes como ocorre com parafusos;
- **Eliminar ajustes**, etapas que podem somar 50% do tempo de *setup*. Isso pode ser obtido através do estabelecimento de parâmetros numéricos ou da utilização de linhas de centro e planos de referência. Assim, é possível eliminar processos de tentativa e erro realizados pelos trabalhadores.

2.7. PLANEJAMENTO DE VENDAS E OPERAÇÕES (S&OP)

2.7.1. Definição

Segundo Wallace (2001):

“O Planejamento de Vendas e Operações (S&OP) é um processo empresarial que ajuda as empresas a manterem a demanda e a oferta balanceadas. Isto é feito através do enfoque nos volumes agregados (famílias e grupos de produtos) de modo que os problemas de mix (produtos individuais e pedidos de clientes) possam ser controlados mais prontamente. Ele ocorre num ciclo mensal e apresenta informações tanto em unidades como em reais. O S&OP é multidisciplinar, envolvendo a Gerência Geral, Vendas, Operações, Finanças e Desenvolvimento de Produtos. Ele envolve múltiplos níveis dentro da empresa, até o executivo responsável pela unidade de negócios, inclusive, por exemplo, o presidente da divisão, gerente-geral da unidade de negócios, ou o diretor de uma pequena empresa. O S&OP interliga os planos estratégicos e o plano de negócios da empresa aos processos – a entrada do pedido, a programação e as ferramentas de compras que ele utiliza para a condução dos negócios em uma base semanal, diária e horária. Utilizado adequadamente, o S&OP capacita os gerentes das empresas a visualizarem os negócios holisticamente e dar-lhes uma janela para o futuro.”

2.7.2. Benefícios do S&OP

Como descrito na definição dada por Wallace (2001), a principal função do S&OP é prover um equilíbrio entre a demanda dos clientes e a oferta de produtos por uma empresa. Segundo o autor, caso a demanda ultrapasse a oferta, os seguintes problemas podem aparecer:

- **Redução da qualidade de atendimento dos clientes:** a produção sofrerá de atrasos e negócios serão perdidos;
- **Crescimento dos custos:** as horas extras, os fretes e os custos de compras aumentam;
- **Comprometimento da qualidade dos produtos:** as especificações são abandonadas, as subcontratações temporárias rendem um produto menos robusto e o material adquirido é de pior qualidade (WALLACE, 2001).

Por outro lado, caso a oferta ultrapasse de maneira substancial a demanda, é possível observar os seguintes efeitos:

- **Crescimento dos custos:** o inventário e o custo de estocagem aumentam, e o fluxo de caixa torna-se um problema;
- **Decréscimo dos indicadores de produtividade:** aumenta a possibilidade de demissões e o moral é prejudicado;
- **Redução das margens de lucro:** os preços caem e os descontos aumentam (Wallace, 2001).

Dessa forma, ao equilibrar demanda e oferta, os benefícios do S&OP incluem:

- Para as empresas que produzem para estoque: melhor atendimento ao cliente e redução de inventários de produtos acabados;
- Para as empresas que produzem sob encomenda: melhor atendimento ao cliente e redução de prazos de entrega;
- Ritmos de produção mais estáveis e menos horas extras;
- Ambiente de trabalho aprimorado e maior cooperação entre setores;
- Atualização mensal do Plano de Negócios;
- Maior capacidade de se efetuar mudanças com rapidez;
- Maior capacidade de prever o futuro.

2.7.3. Conceito de volume agregado e detalhado

Segundo Wallace (2001), volumes agregados referem-se aos índices globais de vendas, índices de produção, inventários agregados e pedidos pendentes. Já volumes detalhados são os produtos específicos e pedidos dos clientes. No processo de S&OP, são utilizados os volumes agregados por famílias de produtos. A missão do S&OP é a de balancear a demanda com a oferta de cada uma das famílias.

Se os volumes agregados forem controlados com eficiência, será muito menos difícil lidar com os problemas de volumes detalhados, à medida que eles forem surgindo (WALLACE, 2001).

2.7.4. Entradas e saídas de informações do S&OP

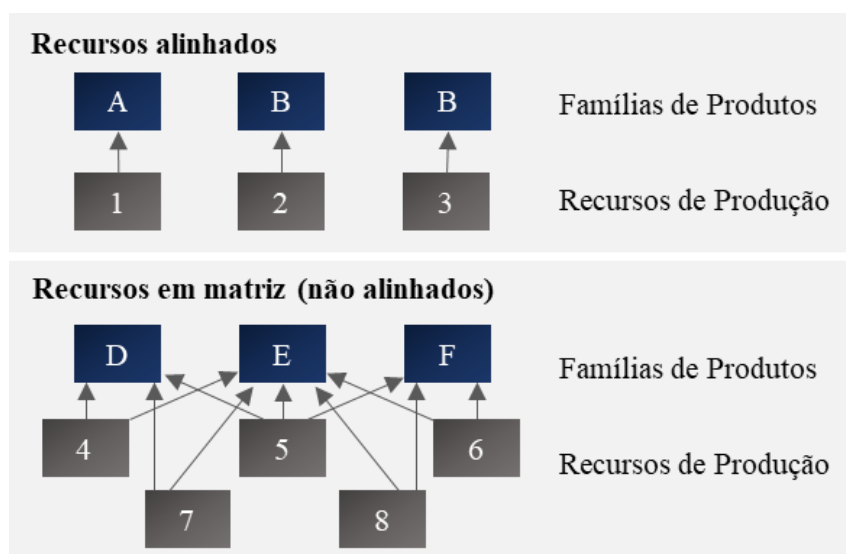
Segundo Wallace (2001), as principais entradas de informações no S&OP são:

- **Previsões de Vendas:** representam o lado da demanda e devem ser realizadas no plano de família ou subfamília de produtos. A responsabilidade das previsões de vendas deve ser do pessoal de Marketing e Vendas, já que eles são os especialistas

no lado da demanda do negócio, sendo o principal contato da empresa com os clientes, os propulsores da demanda. O nível de acurácia das previsões deve ser o suficiente para que o pessoal de Operações possa fazer um trabalho inicial adequado de aquisição, produção e planejamento da capacidade;

- **Recursos e suas capacidades de produção:** representam o lado da oferta. Com base nessas informações, é possível avaliar a viabilidade de alcançar os volumes previstos. O trabalho é facilitado quando os recursos estão alinhados às famílias de produtos, ou seja, quando cada produto é fabricado por um recurso específico. Desse modo, é imediata a visualização da carga de trabalho exigida de cada recurso para atender a demanda prevista. Na maioria das empresas, porém, não existe a correspondência exata entre as famílias de produtos e os recursos, como ilustrado na Figura 2.3. Nesse caso, chamado por Wallace (2001) de “recursos em matriz”, faz-se necessário transformar o volume de produção previsto em unidades de carga de trabalho de cada recurso;

Figura 2.3 - Relações entre famílias e recursos



Fonte: adaptada de Wallace (2001)

- **Características das famílias de produtos,** como estratégia de produção (*make-to-stock*, *make-to-order* etc.), níveis desejados de atendimento, níveis desejados de estoque de produto acabado, tolerância de pedidos pendentes ou atrasados etc.;
- **Históricos de vendas, produção e inventário de produtos acabados** (agregados em famílias);

- **Informações de operação da fábrica:** dias de trabalho, turnos, férias sazonais etc.

A partir das informações de entrada do S&OP, é possível calcular o Plano de Operações, ou seja, o volume de cada família a ser produzido mês a mês. Com base no Plano de Operações obtido, a empresa pode tomar decisões para cada família de produtos (como a manutenção, aumento ou redução do plano de vendas ou do volume de produção) e recursos que exijam alguma mudança importante (como aumento de pessoal, adição de um turno, acréscimo de equipamentos e terceirização).

2.7.5. O processo mensal do S&OP

A Figura 2.4 apresenta o fluxograma do processo mensal do S&OP proposto por Wallace (2001).

Figura 2.4 - Processo mensal do S&OP



Fonte: adaptada de Wallace (2001)

I. Execução de Relatórios

Ocorre logo após o final do mês e deve ser realizado, no máximo, em um ou dois dias. O passo consiste em atualizar as bases de informações com os dados do mês anterior, sendo dividida em três etapas (WALLACE, 2001):

- Atualização de arquivos com dados provenientes do mês recém-terminado, como vendas reais, produção e inventários;
- Geração de dados de vendas e marketing, como análises de vendas e relatórios de acurácia das previsões passadas;
- Divulgação destas informações ao pessoal adequado.

II. Planejamento de Demanda

Consiste no ajuste da Previsão de Vendas pelos setores de Marketing e Vendas, a partir das informações recebidas no Passo I. Os ajustes podem ser necessários, por exemplo, nas seguintes situações (WALLACE, 2001):

- Informações relativas a mudanças de necessidades de grandes clientes foram obtidas;
- Novos produtos foram lançados;
- Existem planos de promoções ou alterações de preços;
- Foi adotada alguma nova estratégia competitiva;
- As condições econômicas foram alteradas;
- A dinâmica da indústria mudou.

Cabe aos setores de Marketing e Vendas, então, utilizar seus conhecimentos desses fatores para propor revisões da previsão anterior.

Neste passo, é importante o envolvimento da área de Desenvolvimento de Novos Produtos, já que ela possui melhor controle sobre o momento do lançamento de novos produtos. As consequências da demanda de novos produtos devem ser incluídas de modo que a empresa possa se planejar adequadamente (WALLACE, 2001).

III. Planejamento de Suprimentos

A primeira medida a ser tomada neste passo é modificar o Plano de Operações para qualquer família que exija ajustes, por conta de, por exemplo, mudanças na Previsão de Vendas, nos níveis de inventário ou no tamanho dos pedidos atrasados. Em seguida, é avaliada a capacidade da empresa de atingir o Plano (WALLACE, 2001).

Os resultados deste passo são o Plano de Operações ajustado e uma lista de problemas ou planos de ação (como a necessidade de aquisição de novos recursos que exijam a aprovação de instâncias superiores).

IV. Reunião Pré-S&OP

A Reunião Pré-S&OP é uma reunião de preparação para a Reunião Executiva de S&OP. Ela inclui participantes das fases de Planejamento de Demanda, Planejamento de Suprimentos, além de representantes da área Financeira (WALLACE, 2001).

Segundo Wallace (2001), os objetivos da Reunião Pré-S&OP são:

- Tomar decisões com relação ao balanceamento da demanda e da oferta;

- Solucionar problemas e discordâncias, de modo que um único conjunto de recomendações possa ser feito para a Reunião Executiva de S&OP;
- Identificar áreas onde o consenso não pode ser alcançado;
- Criar cenários para tais áreas;
- Definir a pauta da Reunião Executiva de S&OP.

Os participantes têm a responsabilidade de efetuar uma revisão, família por família, das planilhas de S&OP e fazer os ajustes que julgarem necessários, além de verificar a capacidade dos recursos produtivos de atingir a produção demandada. Caso necessário, o pessoal de Vendas e Marketing deve estabelecer prioridades da demanda. Além disso, deve-se avaliar o desempenho real do plano de vendas, produção, inventários e pedidos pendentes/atrasados (WALLACE, 2001).

Os resultados da Reunião Pré-S&OP incluem:

- Uma visão financeira atualizada do negócio;
- Uma recomendação para cada família de produtos (mantenha o curso, aumente ou diminua o Plano de Vendas, aumente ou diminua o Plano de Operações);
- Uma recomendação para cada recurso que exija alguma mudança importante (aumento de pessoal, adição de um turno, acréscimo de equipamentos, terceirização etc.);
- Cenários para áreas de impasse;
- Pauta da Reunião Executiva de S&OP.

V. Reunião Executiva de S&OP

Segundo Wallace (2001), a Reunião Executiva de S&OP é o evento culminante do ciclo mensal. Seus participantes incluem a alta gerência da empresa, que possuem o poder de tomar decisões críticas para a empresa.

Os objetivos da Reunião Executiva de S&OP incluem:

- Tomar decisões para cada família de produtos;
- Avaliar as mudanças dos ritmos de produção ou de aquisição;
- Relacionar as informações do S&OP com o Plano de Negócios;
- Revisar o desempenho do atendimento ao cliente, do desenvolvimento de novos produtos e dos projetos especiais.

2.7.6. Implementação do S&OP

A. Reunião inicial com a gerência sênior

Segundo Wallace (2001), a melhor forma de iniciar a implementação do S&OP é realizar uma breve revisão conceitual com a gerência sênior da empresa, com a finalidade de transmitir informações suficientes sobre o processo para capacitar o grupo a:

- Entender, em termos gerais, como o S&OP funciona;
- Identificar os benefícios da metodologia;
- Adequar as capacidades do S&OP à estratégia de negócios da empresa;
- Criar uma análise de viabilidade econômica.

B. Reunião de treinamento

A segunda reunião proposta por Wallace (2001) tem como objetivo transferir sólido conhecimento do processo de S&OP para todos os futuros participantes do processo, incluindo a alta e média administração, além de analistas de Previsão de Demanda, pessoal de Vendas e de PCP. O autor destaca a importância de transmitir aos participantes a mudança de comportamento exigida pelo S&OP e garantir o completo engajamento de todos envolvidos em uma implementação bem sucedida.

C. Designação de responsabilidades

Wallace (2001) propõe a definição das pessoas responsáveis pelos seguintes papéis:

- **Executivo patrocinador:** um membro da alta administração com a função de manter o foco da empresa no projeto e prover os recursos necessários;
- **Dono do S&OP:** um membro da média gerência com a função de gerenciar o projeto de implementação e, em seguida, continuar como líder do processo. Recomenda-se que tenha sólida experiência administrativa, capacidade de relacionamento interpessoal e largo conhecimento do negócio;
- **Desenvolvedor de planilhas:** pessoa responsável pelo desenvolvimento e manutenção das planilhas a serem utilizadas no processo;
- **Equipe de Planejamento de Demanda:** formada, em geral, por gerentes de Vendas, de Desenvolvimento de Produtos e de Atendimento ao Cliente, além de analistas de Previsões de Demanda, de membros da equipe de Vendas e do Dono do S&OP;

- **Equipe de Planejamento de Suprimentos:** formado, em geral, por gerentes de Produção, PCP, Logística e Compras, além do programador da produção e do dono do S&OP;
- **Equipe de Pré-S&OP:** formado pela união dos membros das equipes de Planejamento de Demanda e de Planejamento de Suprimentos;
- **Equipe Executiva de S&OP:** formada, em geral, pelo Presidente, pelos diretores de Vendas, Marketing, Produção, Desenvolvimento de Produtos, Finanças, Logística, Recursos Humanos, além do Dono do S&OP.

D. Estabelecimento das famílias, subfamílias e recursos

Wallace (2001) recomenda a utilização de seis a doze famílias, de modo que o processo de tomada de decisão pela alta gerência seja prático e eficaz. As famílias podem ser estruturadas com base em:

- Tipo de produto;
- Característica do produto;
- Marca;
- Segmento de mercado;
- Cliente.

O autor sugere verificar qual das classificações de produto citadas a empresa utiliza para ir a mercado e estruturar as famílias do S&OP do mesmo modo. Mesmo que a empresa possua recursos em matriz (o que dificultará o Planejamento de Suprimentos), é mais apropriado definir as famílias com base nas categorias já utilizadas por Vendas e Marketing. Em seguida, caso necessário, subfamílias podem ser definidas.

Como unidade de medida, Wallace (2001) não indica a utilização de valores monetários. Segundo o autor, é mais prática a utilização de unidades de medida de volume de produção.

E. Criação da planilha do S&OP

Segundo Wallace (2001), cada família de produtos deve possuir sua própria página na planilha, onde todas as informações necessárias para a tomada de decisão devem estar dispostas. De acordo com o autor, a página deve conter:

- A Previsão de Vendas “antiga” (definida no último ciclo do S&OP) e ajustada (no ciclo do S&OP atual) para os próximos 12 meses;
- O histórico de vendas dos últimos 12 meses;

- O Plano de Operações antigo (definido no último ciclo do S&OP) e ajustado (no ciclo do S&OP atual) para os próximos 12 meses;
- O histórico de produção dos últimos 12 meses;
- O inventário planejado para os próximos 12 meses.

F. Realização de teste piloto

Wallace (2001) propõe a escolha de uma ou duas famílias para a realização de um teste piloto do S&OP, antes que o processo completo seja implementado. Tal prática permite à empresa identificar e corrigir falhas no processo, ao mesmo tempo que corre menores riscos. O autor sugere que as famílias escolhidas devem ser de alta importância para a empresa e média complexidade de operação.

G. Criação da Política do S&OP

A Política do S&OP consiste em um documento que apresenta, em detalhes:

- Os objetivos do processo de S&OP da empresa;
- As etapas do processo;
- Os participantes de cada etapa;
- As ações a serem tomadas em cada etapa.

H. Criação dos Relatórios de Suprimentos

Wallace (2001) recomenda a elaboração de um Relatório de Suprimentos para as empresas cujos recursos de produção são organizados em matriz. O relatório tem como objetivo avaliar a capacidade dos recursos de produção de atender a demanda prevista no Plano de Operações. Para isso, deve conter:

- Dias de produção por mês;
- Ritmo de produção diária (necessária para alcançar o plano);
- Plano de Operações.

O enfoque na fase de Planejamento de Suprimentos, a partir do Relatório de Suprimentos, é verificar se é possível alcançar as quantidades diárias que o Plano de Operações exige.

I. Integração de todas as famílias no S&OP

Após a realização bem sucedida do teste piloto do S&OP, é possível adicionar as outras famílias ao processo. Wallace (2001) recomenda que isso seja realizado em um período de 4 a

7 meses, adicionando-se dois ou três famílias por ciclo. Assim, é possível melhorar drasticamente o processo e o formato das planilhas.

J. Automatização de entradas de dados nas planilhas de S&OP

De acordo com Wallace (2001), à medida que mais famílias são acrescentadas no S&OP, torna-se mais oneroso o trabalho de entrada de dados nas planilhas. Por esse motivo, o autor recomenda a sua automatização pelo Setor de TI da empresa.

K. Melhoria contínua

Segundo Wallace (2001), a melhoria contínua do processo de S&OP pode ser realizada a partir da condução de uma análise crítica do processo durante as reuniões executivas de S&OP. Uma boa maneira de fazer isso é pedir a cada participante que dê sua opinião sobre o processo, indicando as áreas a serem melhoradas. Além disso, a verificação rotineira de indicadores como nível de serviço ao cliente costuma ser bastante frutífera, já que baixos valores desses indicadores indicam falhas no processo.

2.8. MÉTODO DE HOLT-WINTERS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo Winston (2004), o método de Holt-Winters pode ser utilizado para a previsão de séries temporais em que tendência e sazonalidade estão presentes. O método é uma das mais utilizadas técnicas de previsão de demanda, por conta da sua grande acurácia e simplicidade de uso.

O método é composto por uma equação de previsão $f_{t,k}$ e três equações de suavização – uma para o nível base L_t , uma para a tendência T_t e uma para o componente sazonal s_t , com respectivas constantes de suavização α , β e γ . Além disso, são utilizados o valor observado no período atual x_t e a constante c , que define a frequência da sazonalidade. Por exemplo, $c = 6$ para dados semestrais e $c = 12$ para dados mensais (HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

A seguir são exibidas as equações do método de Holt-Winters para a previsão da demanda do período $t + k$ (WINSTON, 2004):

$$f_{t,k} = (L_t + kT_t)s_{t+k-c} \quad (2.8)$$

$$L_t = \alpha \frac{x_t}{s_{t-c}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.9)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2.10)$$

$$s_t = \gamma \frac{x_t}{L_t} + (1 - \gamma)s_{t-c} \quad (2.11)$$

3. DIAGNÓSTICO DO PROBLEMA

3.1. VISÃO GERAL

Como mencionado na Seção 1.2, a Confecção atualmente enfrenta três principais problemas: alto nível de atrasos de pedidos, alto número de entregas por pedido e terceirização excessiva da produção. Observa-se que os três problemas, na verdade, são sintomas da deficiência da fábrica em operar com um *lead time* que não é suficientemente curto para assegurar o cumprimento dos prazos combinados com os clientes. Por conta desta deficiência, um elevado número de pedidos sofre atraso, o que leva a empresa a realizar múltiplas entregas parciais (com o objetivo de reduzir o descontentamento dos clientes) e a recorrer excessivamente à terceirização (com o objetivo de contornar as causas reais dos atrasos). Por isso, estes problemas são consequências do fato de o *lead time* do sistema de produção da Confecção ser demasiadamente longo.

Discussões com a gerência da empresa, assim como com funcionários da fábrica, levaram ao levantamento de duas possíveis causas para o longo *lead time*:

- i. A produção demandada tem sistematicamente superado a capacidade disponível, o que impossibilita a fabricação interna dos pedidos no prazo esperado;
- ii. Há deficiências de planejamento, que prejudicam a busca por soluções para administrar a lacuna entre produção demandada e capacidade produtiva.

Estes temas serão abordados com mais detalhes a seguir, após a realização do mapeamento do fluxo de valor da empresa com um intuito de prover uma melhor visão sobre o *lead time* no estado atual.

3.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR DA CONFECÇÃO

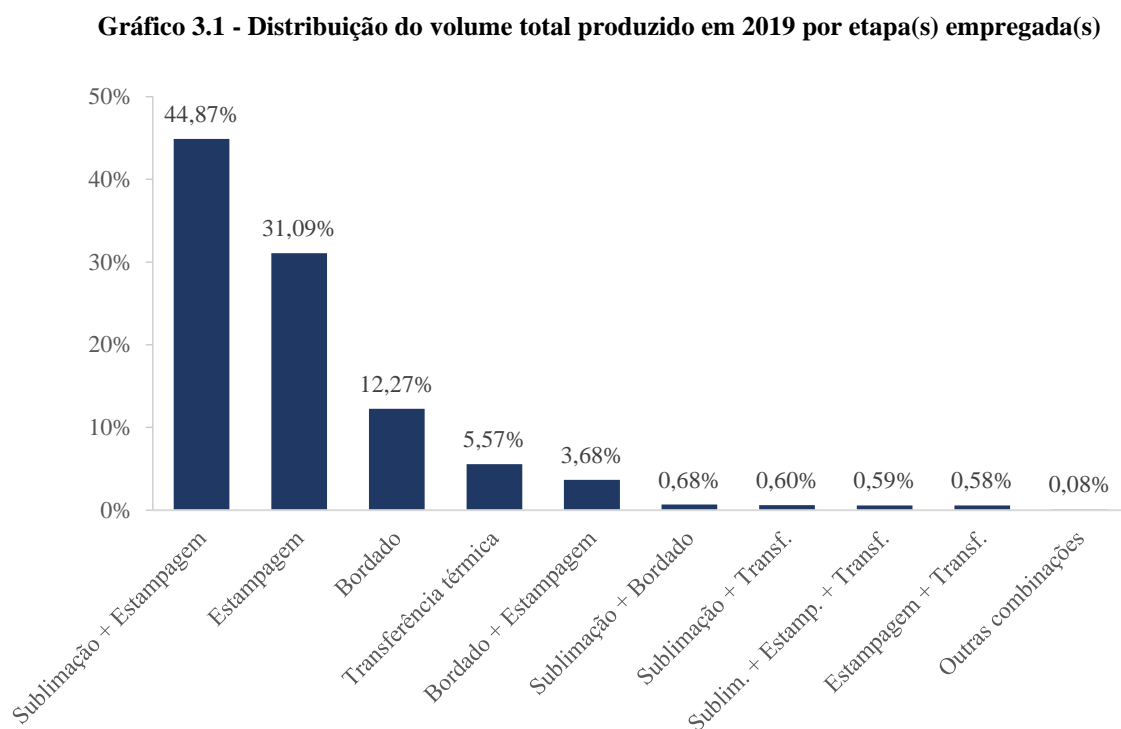
3.2.1. Escolha das famílias de produtos

O primeiro passo para a realização do mapeamento de fluxo de valor consiste na escolha das famílias de produtos a serem analisadas. Uma família é definida por Rother e Shook (1999) como um grupo de produtos que passam por etapas produtivas similares no seu processo produtivo.

Como descrito na Seção 0, o processo produtivo da Confecção é composto por nove etapas. Cinco delas são indispensáveis e, portanto, comuns a todos os produtos: corte, separação, formação de lote, costura e acabamento e embalagem. A aplicação das outras quatro, porém, está sujeita às especificações dos produtos. Desse modo, itens podem ser processados por uma ou mais das etapas de estampagem, sublimação, bordado e transferência

térmica. Por isso, convém a classificação das famílias de produtos a partir da necessidade de emprego destas quatro etapas produtivas.

O Gráfico 3.1 exibe a distribuição do volume total produzido pela Confecção em 2019 por etapa(s) empregada(s):



Fonte: elaborado pelo autor

Com o objetivo de retratar os cenários mais comuns observados na empresa, optou-se por estudar famílias com alta representatividade no volume total produzido pela Confecção. Desse modo, serão elaborados mapas do fluxo de valor para as seguintes famílias de produtos:

- **Família A:** produtos que passam apenas pelos processos de sublimação e estampagem (44,87% do total produzido em 2019);
- **Família B:** produtos que passam apenas pelo processo de bordado (12,27% do total produzido em 2019).

3.2.2. Estudo de tempos

Para a construção dos mapas do fluxo de valor, são necessários os tempos de ciclo (T/C) e de *setup* (TR) de cada etapa do processo produtivo. Como a empresa não detinha tais dados para todas as etapas, foi necessário obtê-los.

Para isso, os tempos foram amostrados com a utilização de um cronômetro. Coletou-se, inicialmente, 5 medidas de tempo de ciclo e 5 de tempo de *setup* de cada etapa. Em seguida, calculou-se o tamanho de amostra n necessário para garantir um nível de confiança $(1-\alpha)$ de 10% e tolerância k de 20% do tempo médio \bar{x} , a partir da Equação 3.1.

$$n = \left(\frac{t_{n-1, \alpha/2} S}{k \bar{x}} \right)^2 \quad (3.1)$$

Caso o tamanho de amostra necessário fosse maior que 5, coletou-se novas medidas até que o número de dados coletados tornasse maior ou igual ao tamanho de amostra necessário n .

A Tabela 3.1 e a Tabela 3.2 exibem os parâmetros de amostragem dos tempos de ciclo (T/C) e dos tempos de *setup* (TR), respectivamente. Os valores das amostras coletadas encontram-se no Apêndice 1.

Tabela 3.1 - Parâmetros e resultados da amostragem para estimação dos tempos de ciclo (T/C)

	T/C médio (seg)	Desvio padrão (seg)	t de Student	n coletado	n necessário
Corte	103	11,7	1,94	7	5
Separação	10	1,2	1,94	7	6
Estampagem	108	11,3	2,13	5	5
Bordado	440	13,4	2,13	5	1
Sublimação	56	2,6	2,13	5	2
Transferência térmica	18	2,2	1,94	7	6
Formação de lote	16	2,0	1,94	7	6
Costura	57	5,3	2,02	6	4
Acabamento e embalagem	50	4,6	2,02	6	4

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 3.2 - Parâmetros e resultados da amostragem para estimação dos tempos de *setup* (TR)

	TR médio (min)	Desvio padrão (min)	<i>t</i> de Student	<i>n</i> coletado	<i>n</i> necessário
Corte	15:55	01:14	2,13	5	3
Separação	04:12	00:27	2,02	6	5
Estampagem	36:12	02:04	2,35	4	2
Bordado	05:45	00:16	2,13	5	2
Sublimação	27:11	01:37	2,13	5	2
Transferência térmica	03:57	00:24	2,02	6	5
Formação de lote	05:16	00:35	2,02	6	5
Costura	09:04	00:32	2,13	5	2
Acabamento e embalagem	04:11	00:26	2,02	6	5

Fonte: elaborada pelo autor

3.2.3. Esclarecimento sobre unidades de medida utilizadas

Antes da apresentação dos mapas do fluxo de valor construídos, cabe um esclarecimento sobre as unidades de medida utilizadas para os estoques intermediários e tempos de ciclo:

A Confeção faz uso de uma unidade de medida chamada de “parte”, que é definida como uma unidade de processamento por etapa do processo produtivo. Isso decorre do fato de que diferentes produtos demandam diferentes quantidades de processamento por etapa. Por exemplo, a camiseta “FLA - PRA CIMA” requer duas estampas, que devem ser realizadas separadamente pelo setor de estampagem. Diz-se, então, que tal produto possui duas partes de estampa. Além da estampagem, os processos de sublimação, bordado e transferência térmica também podem requerer mais de uma parte por produto, a depender do SKU.

Por essa razão, os estoques intermediários são mensurados em partes e os tempos de ciclo representam o intervalo de tempo (em segundos) necessário para processar uma parte.

3.2.4. Mapas do fluxo de valor

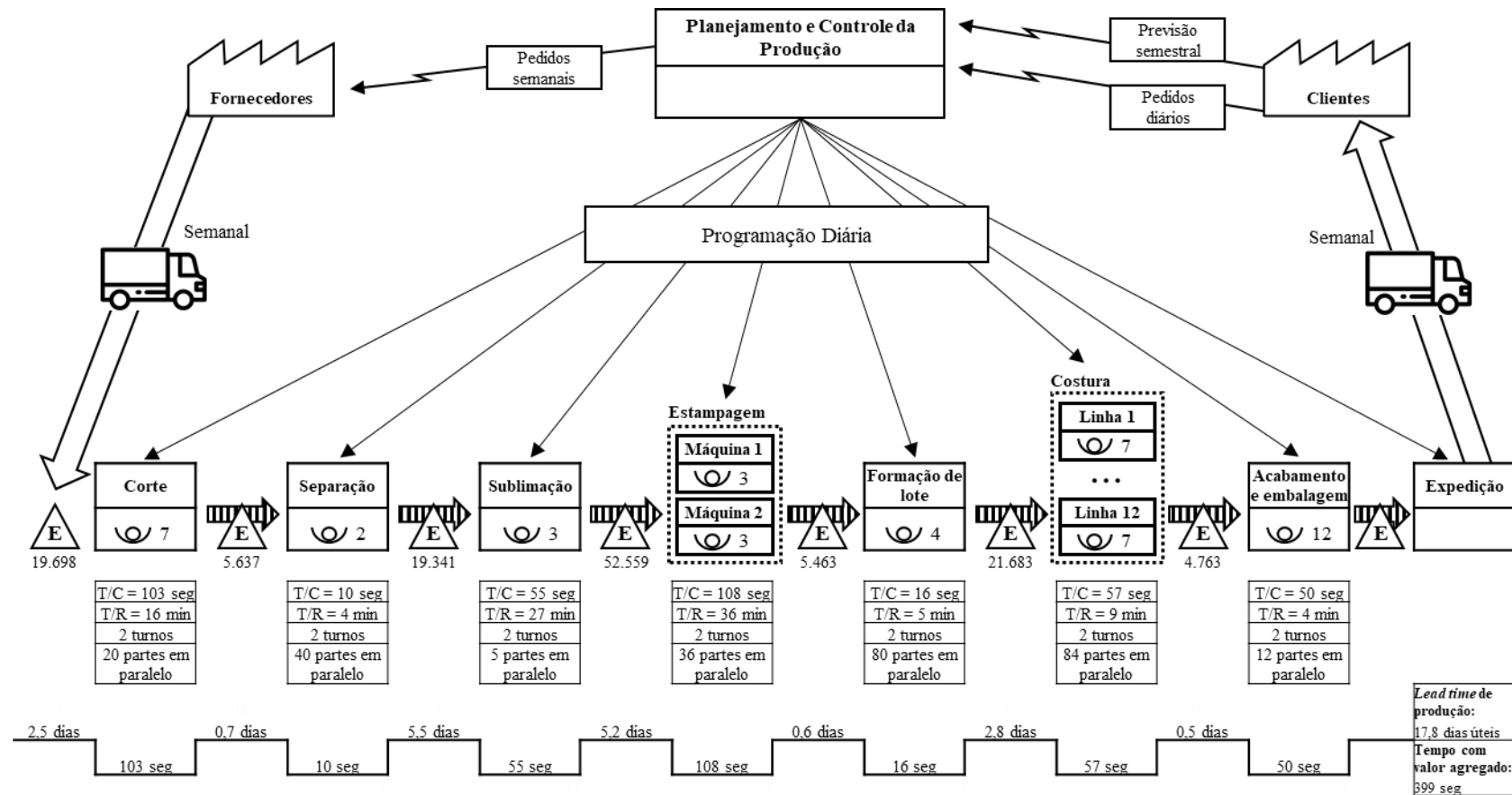
A Figura 3.1 e a Figura 3.2 exibem os mapas de fluxo de valor referentes às famílias A e B, respectivamente. Os valores dos estoques intermediários apresentados incluem partes de todas as famílias de produtos. Por exemplo, na Figura 3.1, a fila de 4.763 partes antes da etapa de acabamento e embalagem contempla partes não só da Família A, mas também de todas as outras. Já os produtos terceirizados não fazem parte do fluxo, já que eles são fabricados por

completo no fornecedor externo. Observa-se, ainda, que os mapas não incluem os tempos de recebimento de matérias-primas e de entrega dos produtos finais, que podem somar mais de 60 dias.

Observa-se que o *lead time* de produção da Família A, no estado atual, é de cerca de 18 dias úteis (o que resulta em 24 a 26 dias corridos). Os tempos de fila das etapas de estampagem e sublimação correspondem a 60% deste período, consumindo mais de 5 dias cada uma. Já a Família B apresenta *lead time* de produção de cerca de 15 dias úteis (19 a 21 dias úteis). 52% deste período corresponde ao tempo de fila da etapa de bordado, que consome quase 8 dias sem valor agregado.

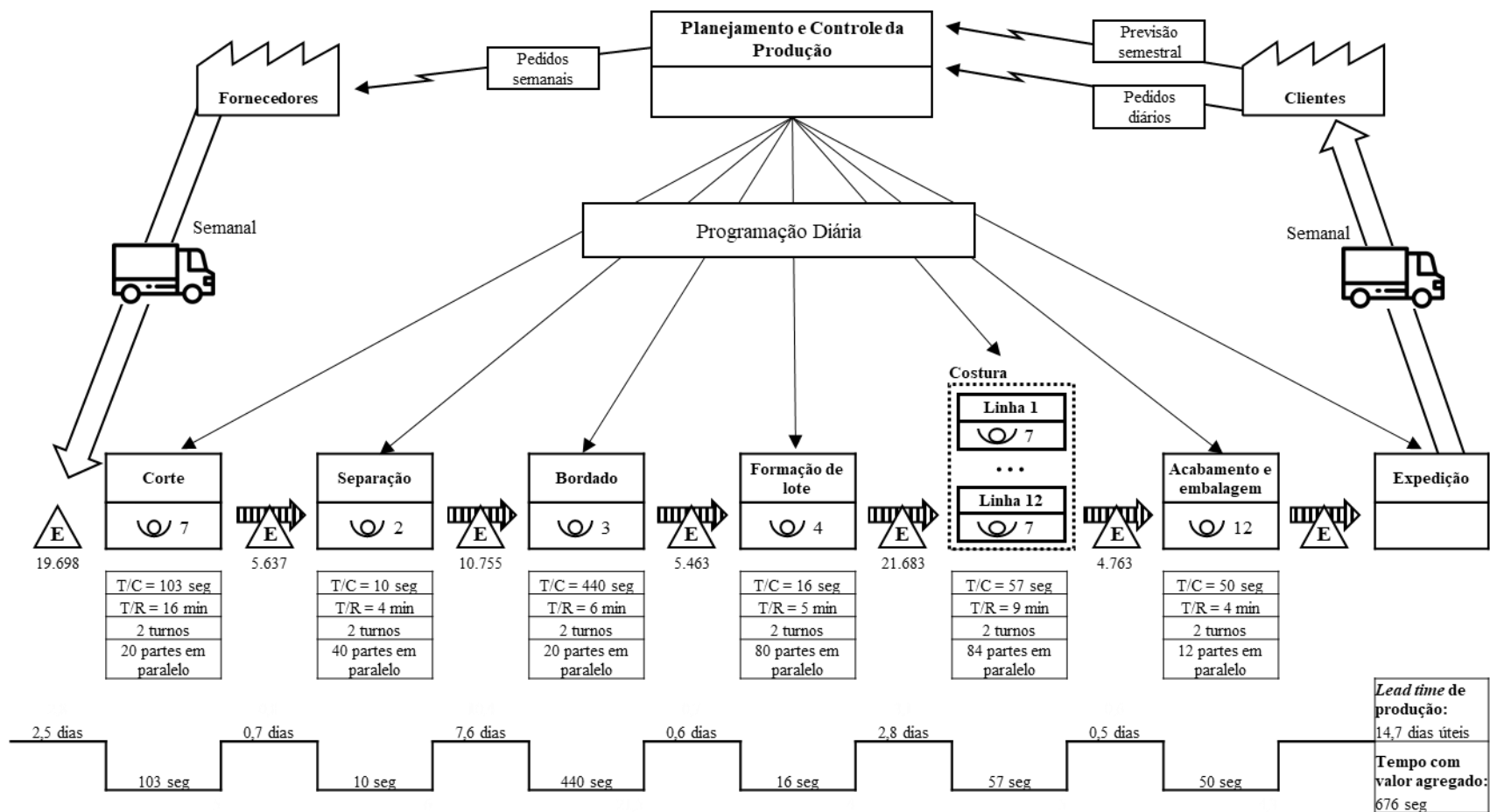
Desse modo, a análise dos mapas de fluxo de valor sugere que a redução do *lead time* de produção da Confecção deverá passar pela redução dos tempos de fila antes das etapas de bordado, estampagem e sublimação. A seguir, na Seção 3.3, serão identificadas as causas para a longa permanência de material em processo nestas filas.

Figura 3.1 - Mapa do fluxo de valor da Família A (Sublimação e Estampagem)



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 3.2 - Mapa do fluxo de valor da Família B (Bordado)



Fonte: elaborada pelo autor

3.3. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

3.3.1. Identificação de etapas sobrecarregadas

A primeira hipótese levantada pela alta gerência para explicar o longo *lead time* de produção verificado na empresa é a de que a produção demandada sistematicamente supera a capacidade disponível da fábrica. Além disso, os longos tempos de fila observados nos mapas de fluxo de valor sugerem que de fato existem etapas sobrecarregadas. Nesta Seção, deseja-se, em primeiro lugar, verificar a validade de tal hipótese e, além disso, identificar em quais etapas do processo produtivo a sobrecarga ocorre.

Para isso, será calculada a taxa de utilização da capacidade de cada uma das etapas da produção, de acordo com a equação a seguir.

$$\text{Taxa de utilização da capacidade}_{\text{etapa.mês}} = \frac{\text{Produção demandada}_{\text{etapa.mês}}}{\text{Capacidade produtiva}_{\text{etapa.mês}}} \quad (3.2)$$

A obtenção de um valor superior a 1 para a taxa de utilização de determinada etapa indicaria que a produção demandada a ela é superior à sua capacidade produtiva no mês em questão.

A análise será realizada para os meses de agosto a dezembro de 2019. De acordo com a empresa, no primeiro semestre de 2019 foram realizadas algumas mudanças nos processos produtivos. Desse modo, este período foi escolhido de forma que fosse possível avaliar as práticas mais recentes da empresa e atuar sobre elas.

A seguir, serão calculados os componentes da equação da taxa de utilização da capacidade e, por fim, seu valor será obtido e avaliado.

a) Cálculo da capacidade produtiva

A capacidade produtiva de cada etapa do processo foi calculada a partir das seguintes equações:

$$\text{Capacidade}_{\text{etapa.mês}} = \text{Capacidade em dias úteis}_{\text{etapa.mês}} + \text{Capacidade em sábados}_{\text{etapa.mês}} \quad (3.3)$$

$$\text{Capacidade em dias úteis}_{\text{etapa.mês}} = \text{Capacidade média por dia útil}_{\text{etapa}} \times \text{Qtd de dias úteis}_{\text{mês}} \quad (3.4)$$

$$\text{Capacidade em sábados}_{\text{etapa.mês}} = \text{Capacidade por sábado}_{\text{etapa}} \times \text{Qtd de sábados}_{\text{mês}} \quad (3.5)$$

A empresa trabalha com quatro tipos de turnos de trabalho distintos, a depender da etapa do processo produtivo. A Tabela 3.3 exibe os dias da semana e horários referentes a cada turno.

Tabela 3.3 - Turnos de trabalho

Turno	Horário
Administrativo (Adm.)	Segunda à sexta-feira, das 8:30 às 17:30
A	Segunda-feira à sábado, das 6:00 às 14:00
B	Segunda-feira à sábado, das 14:00 às 22:00
C	Segunda-feira à sábado, das 22:00 às 06:00

Fonte: elaborada pelo autor

A Tabela 3.4 apresenta os turnos das etapas do processo produtivo, assim como as capacidades reais por dia útil e por sábado. Os valores das capacidades foram obtidos através de dados históricos de produção. Destaca-se que somente metade do pessoal dos turnos A, B e C trabalha aos sábados, o que explica a sua menor capacidade em relação à dos dias úteis.

Tabela 3.4 - Turnos e capacidade por etapa do processo produtivo

Etapa	Turnos de trabalho	Capacidade real por dia útil (partes/dia)	Capacidade real por sábado (partes/dia)
Corte	A + B	7.032	3.516
Separação	A + B	6.873	3.437
Estampagem	A + B	9.171	4.585
Bordado	A + B	1.031	516
Sublimação	A + B	3.170	1.585
Transferência térmica	Adm.	950	-
Formação de lote	A + B	7.805	3.902
Costura	A + B	7.011	3.506
Acabamento e embalagem	A + B	7.939	3.969

Fonte: elaborada pelo autor

A Tabela 3.5 apresenta a quantidade de dias úteis e sábados para os meses utilizados na análise.

Tabela 3.5 - Dias no mês

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Dias úteis	22	21	23	20	21
Sábados	5	3	3	4	4

Fonte: elaborada pelo autor

Assim, obtêm-se as capacidades mensais das diferentes etapas da produção, apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Capacidade produtiva (partes/mês)

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Corte	172.284	158.220	172.284	154.704	161.736
Separação	168.389	154.643	168.389	151.206	158.079
Estampagem	224.680	206.339	224.680	201.753	210.924
Bordado	25.260	23.198	25.260	22.682	23.713
Sublimação	77.675	71.334	77.675	69.749	72.920
Transferência térmica	20.900	19.950	21.850	19.000	19.950
Formação de lote	191.221	175.611	191.221	171.709	179.514
Costura	171.770	157.748	171.770	154.242	161.253
Acabamento e embalagem	194.498	178.621	194.498	174.651	182.590

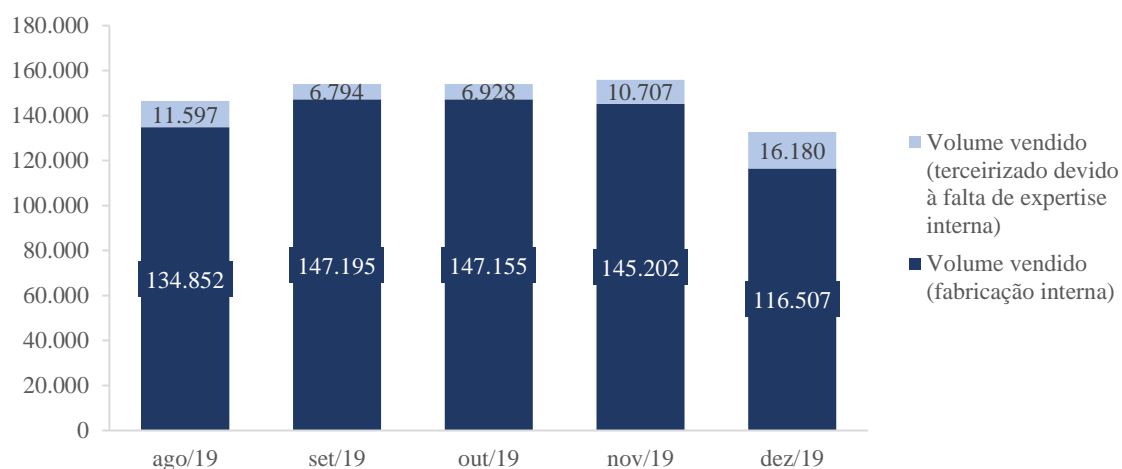
Fonte: elaborada pelo autor

b) Cálculo da produção demandada

Assim como a capacidade produtiva, a produção demandada deve também ser obtida em partes por mês. Desse modo, seu cálculo foi realizado a partir da seguinte equação:

$$Produção\ demandada_{etapa.mês} = Volume\ vendido_{mês} \times Média\ de\ partes\ por\ produto_{etapa.mês} \quad (3.6)$$

O Gráfico 3.2 exhibe o volume vendido nos meses analisados. Assim como descrito na Seção 1.2.3, a Confecção terceiriza a produção de SKUs cuja *expertise* necessária para fabricar ela não possui. Por isso, volumes referentes a estes SKUs serão excluídos da análise.

Gráfico 3.2 - Volume vendido com entrega programada para o mês (produtos/mês)

Fonte: elaborado pelo autor

A Tabela 3.7 mostra a quantidade média de partes por produto nos mesmos meses. Observa-se que a média pode ser um valor entre 0 e 1, já que nem todos os produtos precisam passar por todas as etapas de produção.

Tabela 3.7 - Média de partes por produto

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Corte	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Separação	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Estampagem	1,503	1,498	1,553	1,560	1,602
Bordado	0,203	0,181	0,185	0,174	0,195
Sublimação	0,530	0,515	0,523	0,514	0,519
Transferência térmica	0,077	0,073	0,079	0,067	0,076
Formação de lote	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Costura	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Acabamento e embalagem	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: elaborada pelo autor

Desse modo, calcula-se a produção demandada para cada um dos meses analisados, exibida na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Produção demandada (partes/mês)

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Corte	134.852	147.195	147.155	145.202	116.507
Separação	134.852	147.195	147.155	145.202	116.507
Estampagem	202.632	220.498	228.532	226.515	186.643
Bordado	27.415	26.642	27.224	25.265	22.719
Sublimação	71.419	75.806	76.962	74.634	60.467
Transferência térmica	10.413	10.745	11.625	9.729	8.854
Formação de lote	134.852	147.195	147.155	145.202	116.507
Costura	134.852	147.195	147.155	145.202	116.507
Acabamento e embalagem	134.852	147.195	147.155	145.202	116.507

Fonte: elaborada pelo autor

c) Cálculo da taxa de utilização da capacidade

Dividindo-se os valores de produção demandada (Tabela 3.8) pelos de capacidade produtiva (Tabela 3.6), obtêm-se os valores da Tabela 3.9. A taxa de utilização da capacidade é superior a 100% quando a produção demandada é superior à capacidade produtiva.

Tabela 3.9 - Taxa de utilização da capacidade (%)

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Corte	78%	93%	85%	94%	72%
Separação	80%	95%	87%	96%	74%
Estampagem	90%	107%	102%	112%	88%
Bordado	109%	115%	108%	109%	96%
Sublimação	92%	106%	99%	107%	83%
Transferência térmica	50%	54%	53%	51%	44%
Formação de lote	71%	84%	77%	85%	65%
Costura	79%	93%	86%	94%	72%
Acabamento e embalagem	69%	82%	76%	83%	64%

Fonte: elaborada pelo autor

A partir da Tabela 3.9, conclui-se que, no período considerado, a produção demandada superou a capacidade disponível nas etapas de estampagem, bordado e sublimação (nos meses destacados). Destaca-se que estas mesmas etapas foram identificadas na Seção 3.2.4 como as que mais contribuem para o longo *lead time* verificado na empresa. A seguir, serão avaliados

os níveis de eficiência destas etapas com o objetivo de definir planos de ação para aumentar sua capacidade produtiva real.

3.3.2. Cálculo do OEE

Como descrito na Seção 2.5, o OEE será utilizado como ferramenta de identificação das principais perdas incorridas nas etapas de bordado, estampagem e sublimação, para que, em seguida, possam ser adotadas medidas para reduzi-las. A realização desta análise foi baseada nos registros de produção de novembro de 2019, devido à disponibilidade de todos os dados necessários de forma confiável neste mês.

Apesar de manter registro (de forma descentralizada) das informações necessárias para o cálculo do OEE, a Confecção nunca o fez de forma sistemática. Por isso, o indicador teve de ser calculado no presente trabalho para as três etapas do processo produtivo indicadas anteriormente. O cálculo do OEE foi realizado em 4 etapas, descritas a seguir:

a) Cálculo do Índice de Tempo Operacional (ITO)

Em primeiro lugar, o Tempo Total em Turno foi obtido a partir da somatória das horas em turno no mês de novembro de 2019, considerando as informações de turno de cada etapa (Tabela 3.3 e Tabela 3.4) e o número de dias de trabalho no mês (Tabela 3.5). Em seguida, os valores de Tempo de Carga foram obtidos a partir da Equação 3.7.

$$\text{Tempo de Carga} = (\text{Tempo Total em Turno} - \text{Paradas programadas}) \times \text{Qtd. Recursos} \quad (3.7)$$

A quantidade de recursos de cada etapa equivale, na prática, ao número de partes que cada etapa pode produzir em paralelo. Para cada uma das três etapas analisadas, este valor é:

- Bordado: 20 partes (1 máquina com 20 cabeças de bordado);
- Estampagem: 36 partes (2 máquinas com 18 placas de apoio cada);
- Sublimação: 5 partes (1 máquina com espaço para 5 tecidos).

Além disso, para obter os valores de Tempo de Operação, foram subtraídos os tempos referentes a paradas não programadas (como *setups* e manutenções corretivas), como indica a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Operação} = \text{Tempo de Carga} - \text{Perdas por paradas} \quad (3.8)$$

A Tabela 3.10 exibe o Tempo Total em Turno, o Tempo de Carga e o Tempo de Operação das três etapas.

Tabela 3.10 - Cálculo do Tempo de Operação por etapa em novembro de 2019 (horas)

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Tempo Total em Turno (horas/recurso)	352	352	352
(-) Refeições	44	44	44
(x) Qtd. de recursos por etapa	20	36	5
(=) Tempo de Carga (horas/etapa)	6.160	11.088	1.540
(-) Falta de insumo	20	72	14
(-) Limpeza e organização	100	311	60
(-) Manutenções corretivas	0	306	0
(-) Reuniões ou treinamentos	0	30	0
(-) <i>Setup</i>	2.080	3.440	344
(-) Teste de novos produtos	266	0	0
(=) Tempo de Operação (horas/etapa)	3.694	6.929	1.121

Fonte: elaborada pelo autor

Finalmente, o Índice de Tempo Operacional (ITO) das três etapas foi calculado a partir da Equação 2.4. A Tabela 3.11 exibe os valores obtidos.

Tabela 3.11 - Índice de Tempo Operacional

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Índice de Tempo Operacional	59,96%	62,49%	72,81%

Fonte: elaborada pelo autor

b) Cálculo do Índice de Desempenho Operacional (IDO)

A Tabela 3.12 exibe o tempo de ciclo e o volume produzido no mês de novembro de 2019 pelas três etapas em número de partes processadas.

Tabela 3.12 - Tempo de ciclo e volume produzido

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Tempo de ciclo (seg/parte)	440	108	55
Volume total produzido (partes)	21.703	194.576	64.110

Fonte: elaborada pelo autor

O Índice de Desempenho Operacional foi calculado a partir da Equação 2.5. A Tabela 3.13 exibe os valores obtidos.

Tabela 3.13 - Índice de Desempenho Operacional

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Índice de Desempenho Operacional	71,81%	84,25%	87,35%

Fonte: elaborada pelo autor

c) Cálculo do Índice de Qualidade (IQ)

A Tabela 3.14 exibe o volume rejeitado no mês de novembro de 2019.

Tabela 3.14 - Volume rejeitado

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Volume rejeitado (partes)	41	2.259	227

Fonte: elaborada pelo autor

O Índice de Qualidade pode ser calculado a partir da Equação 2.6. A Tabela 3.15 exibe os valores obtidos.

Tabela 3.15 - Índice de Qualidade

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Índice de Qualidade	99,81%	98,84%	99,65%

Fonte: elaborada pelo autor

d) Cálculo do OEE

Finalmente, o OEE pode ser calculado a partir da Equação 2.7. A Tabela 3.16 exibe os valores de OEE obtidos, assim como suas componentes.

Tabela 3.16 - OEE e suas componentes

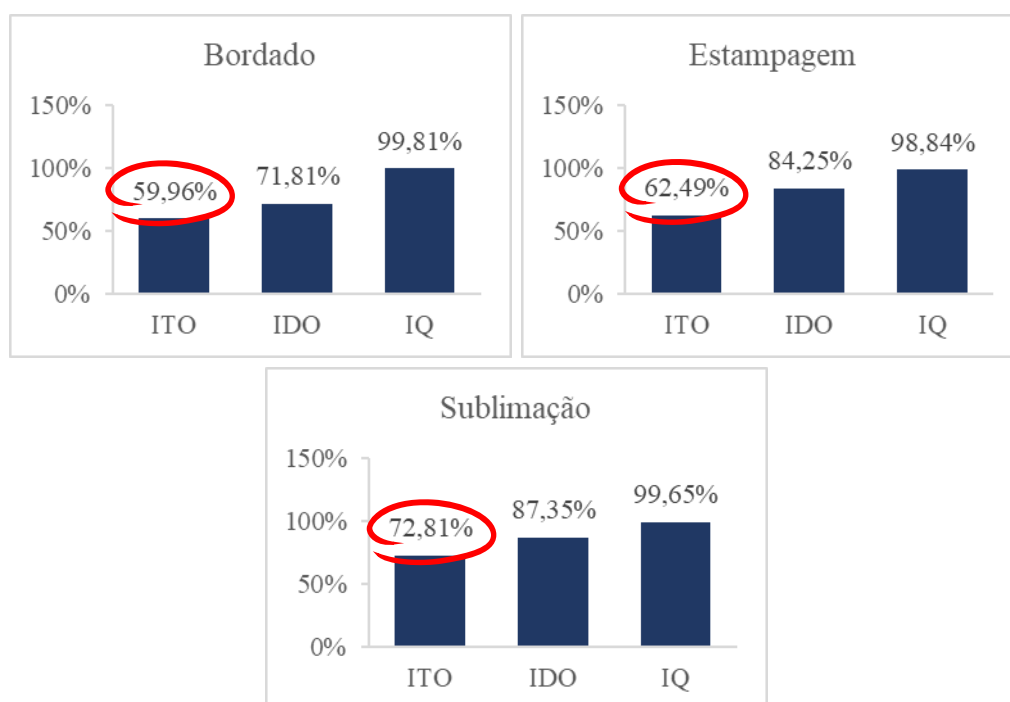
	Bordado	Estampagem	Sublimação
ITO	59,96%	62,49%	72,81%
IDO	71,81%	84,25%	87,35%
IQ	99,81%	98,84%	99,65%
OEE	42,98%	52,03%	63,38%

Fonte: elaborada pelo autor

3.3.3. Identificação da causa-raiz

O Gráfico 3.3 exibe graficamente os dados da Tabela 3.16. Sua observação permite concluir que perdas de disponibilidade por paradas são os maiores ofensores do OEE nas três etapas de produção analisadas, já que o Índice de Tempo Operacional é o menor entre as componentes do OEE.

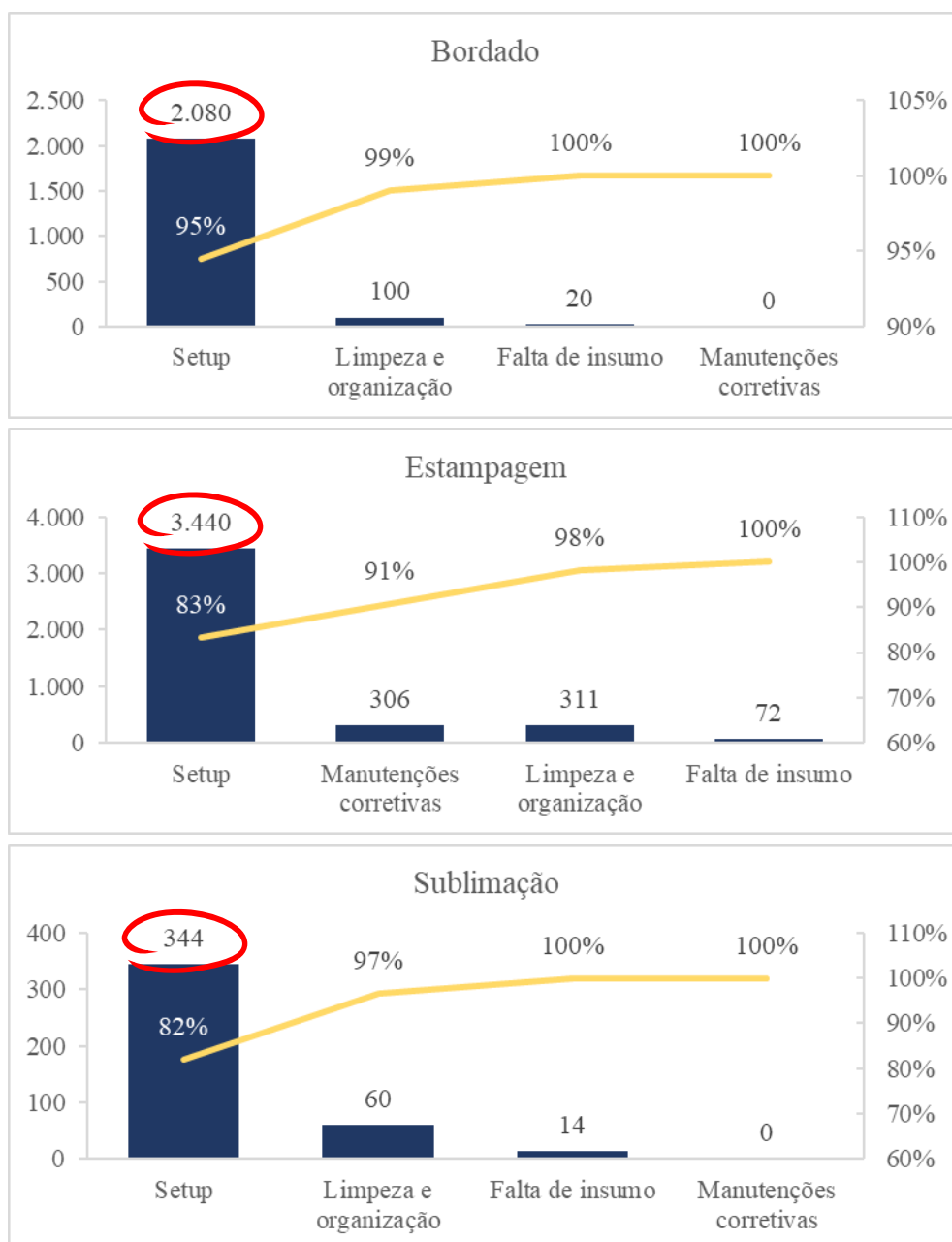
Gráfico 3.3 - Componentes do OEE



Fonte: elaborado pelo autor

O Gráfico 3.4 apresenta Diagramas de Pareto das perdas de disponibilidade por paradas, que explicam os valores baixos de Índice de Desempenho Operacional. Observa-se que os *setups*, nos três casos, correspondem à principal perda de disponibilidade por paradas.

Gráfico 3.4 - Diagramas de Pareto das perdas com paradas não programadas



Fonte: elaborado pelo autor

O alto tempo consumido com *setups* pode possuir duas causas: o número de *setups* realizados é demasiadamente alto e/ou a duração de cada *setup* é excessivamente longa. A Tabela 3.17 apresenta a média do número de *setups* realizados por dia útil, assim como a média de duração de cada *setup* obtida na Seção 3.2.2.

Tabela 3.17 - Tempo médio e quantidade média e de *setups* por dia útil

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Tempo médio por <i>setup</i> (min)	05:45	36:12	27:11
Qtd. média de <i>setups</i> por dia útil	49,3	14,4	6,9

Fonte: elaborada pelo autor

À primeira vista, a quantidade de *setups* executados por dia útil chama a atenção, principalmente no caso do processo de bordado. Contudo, no caso da Confecção, uma alta frequência de *setups* é inevitável, dada a grande quantidade de SKUs ofertados pela empresa, além da inexistência de restrições quanto a volumes de pedidos. No caso do processo de bordado, especialmente, o número é justificável pela necessidade de parar a máquina a cada 20 produtos processados. Observa-se, também, que a empresa já realiza esforços para reduzir a frequência dos *setups*, a partir da agregação de diferentes pedidos em uma mesma ordem de produção. Desse modo, avalia-se que, atualmente, não seria urgente tomar ações para reduzir o número de *setups* realizados nas etapas de bordado, estampagem e sublimação. Por outro lado, a empresa não indica ter realizado esforços significativos para reduzir o tempo gasto em cada *setup*, o que torna prioritária a ação nesta direção.

Desse modo, conclui-se que os altos tempos de *setup* das etapas de estampagem, sublimação e bordado são a principal causa-raiz do problema de longo *lead time* da Confecção. Portanto, o presente trabalho terá, como um de seus objetivos específicos, reduzir o tempo gasto com *setup* nas etapas de bordado, estampagem e sublimação.

3.4. ANÁLISE DAS DEFICIÊNCIAS DE PLANEJAMENTO

Como mencionado na Seção 3.1, foi levantado com a alta gerência da Confecção a possibilidade de que deficiências de planejamento possam estar influenciando no longo *lead time* verificado na empresa. A hipótese é de que tais deficiências prejudiquem a busca por soluções para administrar a lacuna existente entre produção demandada e capacidade produtiva, o que, em 2019, gerou uma sobrecarga no setor produtivo da empresa. Para verificar tal hipótese, foram realizadas entrevistas com funcionários dos Setores de PCP, Vendas e Compras, com o objetivo de entender os papéis de cada área no planejamento da produção e suprimentos e identificar problemas existentes no processo.

Como descrito na Seção 1.1.3, o processo atual é composto de duas rotinas:

- **Rotina mensal:** realizada nos primeiros dias úteis de cada mês, com horizonte de planejamento de 2 meses. Em primeiro lugar, o Setor de Vendas elabora um relatório com o volume de pedidos recebidos para os próximos 2 meses. Em seguida, a partir da análise deste relatório, o Setor de PCP calcula o volume de cada SKU a ser produzido, considerando pedidos pendentes ou em atraso, além do inventário de produtos acabados. Volumes de diferentes pedidos são consolidados em uma mesma ordem de produção, caso tratem do mesmo SKU. Em seguida, o setor realiza a programação da produção (por meio de uma planilha eletrônica) e calcula a quantidade de matéria-prima a ser adquirida (por meio de um sistema MRP). Além disso, o Setor de PCP define a produção a ser terceirizada por motivos de falta de *expertise* ou disponibilidade interna. Por fim, o Setor de Compras efetua a compra das matérias-primas junto aos fornecedores e o Setor de Produção Externa contrata a terceirização.
- **Rotina semanal:** consiste em uma reunião semanal entre o gerente de PCP, o Presidente da empresa e o diretor de Produção. Nela, é revisada a programação da produção para as duas semanas seguintes. Além disso, são tomadas decisões quanto a pedidos pendentes ou atrasados e problemas na produção.

A seguir, estão listadas as deficiências identificadas no processo de planejamento da produção e suprimentos no que diz respeito a desequilíbrios entre demanda e oferta:

- **Baixo nível de integração entre os setores de Vendas, PCP e Compras:** apesar da existência de troca de informações na forma de relatórios e de interações esporádicas entre os setores, não há uma rotina de comunicação formal para discussão de problemas e elaboração de estratégias integradas. Em consequência, observa-se uma assimetria de informações entre os setores, ou seja, pouco se sabe sobre a situação atual e as expectativas dos outros setores. Por isso, a efetividade e magnitude das ações tomadas por cada setor torna-se bastante limitada. Em especial, o emprego de esforços para minimizar desequilíbrios entre demanda e oferta é comprometido. Por exemplo, o Setor de PCP não faz uso do conhecimento de Vendas sobre o impacto de mudanças mercadológicas de longo prazo para planejar a capacidade da fábrica. Ao mesmo tempo, o Setor de Vendas não ajusta os prazos dos pedidos recebidos com base na taxa de utilização da capacidade da fábrica, informação que é detida pelo PCP.

- **Horizonte de planejamento insuficiente:** o maior horizonte de tempo planejado é de apenas 2 meses, o que inviabiliza a implementação de algumas ações para ampliação ou redução da capacidade produtiva interna à medida que a demanda varia. Por exemplo, caso seja identificada a necessidade de criação de um turno ou da compra de um equipamento, o tempo para efetuar tais ações é insuficiente.
- **Ausência de controle de indicadores de níveis de serviço:** apesar da empresa realizar o cálculo de tais indicadores, eles não são acompanhados nas rotinas de planejamento. Por esta razão, não é possível avaliar o desempenho do processo de planejamento no sentido de garantir a qualidade do atendimento de pedidos.
- **Falta de orientação financeira:** não há participação do Setor de Finanças no processo de planejamento da produção e suprimentos. Desse modo, análises financeiras importantes, como a verificação da disponibilidade de caixa para compra de matérias-primas ou avaliação do custo/benefício de um investimento em recursos produtivos, não são realizadas.
- **Participação da alta gerência em rotinas operacionais:** considerando-se que os assuntos tratados nas reuniões semanais de PCP fogem do escopo do presidente e dos diretores da empresa (que, em geral, possuem responsabilidades mais estratégicas), sua participação permanente nestes fóruns não é apropriada.
- **Dispersão dos dados de vendas e produção:** não existe na empresa um banco de dados único com todas as informações necessárias para a tomada de decisões. Cada setor tem posse dos seus próprios dados e, por isso, qualquer análise que exija informações de diferentes fontes é dificultada.
- **Foco em volumes detalhados:** apesar da classificação dos produtos em categorias (camiseta, regata etc.) e em famílias (clubes, marca própria etc.), o que tende a facilitar análises de previsões de vendas e capacidade, todas as análises são feitas no nível de SKU, o que aumenta o seu grau de complexidade.

4. DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

4.1. APLICAÇÃO DO SMED

Como descrito na Seção 3.3.3, os altos tempos de *setup* das etapas de bordado, estampagem e sublimação são a causa-raiz do problema de longo *lead time* enfrentado pela Confecção. Por conta disso, a metodologia SMED será aplicada com o objetivo de reduzir a duração dos *setups* das três etapas produtivas.

4.1.1. Estágio Preliminar

No Estágio Preliminar do SMED foram estudadas as operações que compõem o *setup* no estado atual, determinando os operadores responsáveis e a duração de cada operação. Para isso, foram medidos os tempos de cada uma das operações e calculada a sua média. Inicialmente, foram coletadas 5 medidas de tempo. Em seguida, empregando-se um nível de confiança $(1-\alpha)$ de 10% e tolerância k de 20%, calculou-se o tamanho de amostra necessário (n) a partir da Equação 3.1. Caso o tamanho de amostra necessário fosse maior que 5, coletou-se novas medidas até que o número de amostras coletadas tornasse maior ou igual ao tamanho de amostra necessário.

Destaca-se que, no estado atual, existem tanto operações de *setup* realizadas com a máquina parada, quanto operações realizadas com a máquina em funcionamento. Por isso, neste estágio do SMED, as operações foram classificadas em *setup* interno ou *setup* externo de acordo com o momento em que são realizadas atualmente.

a) Bordado

Como descrito na Seção 0, o Setor de Bordado possui uma máquina de bordado de 20 cabeças, capaz de processar 20 partes ao mesmo tempo. Quando o processamento acaba, os tecidos processados devem ser retirados da máquina, para que outros 20 tecidos sejam inseridos no seu lugar.

O *setup* da etapa de bordado é realizado por um operador (“Operador A”). Ele é responsável por retirar as partes finalizadas, inserir novas partes e iniciar a máquina (que possui uma programação pré-definida). Durante o processamento, ele realiza uma operação de *setup* externo: prende os tecidos em suportes que, após a parada da máquina, serão fixados nela. O setor também possui outro trabalhador (“Operador B”) que realiza o acabamento das partes recém-processadas pela máquina, mas que não participa do *setup*.

A Tabela 4.1 apresenta as operações de *setup* da etapa de bordado, assim como os parâmetros e resultados envolvidos na amostragem de tempos. Os valores das medidas coletadas encontram-se no Apêndice 2. Para todos os casos, o tamanho de amostra necessário foi menor ou igual ao tamanho de amostra coletado.

Tabela 4.1 - Parâmetros e resultados da amostragem de tempos das operações de *setup* de bordado

#	Operação	Média de tempo (min)	Desvio padrão (min)	<i>t</i> de Student	<i>n</i> coletado	<i>n</i> necessário
1	Fixação do tecido no suporte circular	03:54	00:28	2,02	6	6
2	Parada da máquina	00:06	00:01	2,02	6	6
3	Remoção de partes finalizadas da máquina	01:50	00:08	2,13	5	3
4	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	00:17	00:02	1,89	8	7
5	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	01:33	00:11	2,02	6	6
6	Fixação de suportes circulares na máquina	01:54	00:11	2,02	6	4
7	Início da máquina	00:05	00:00	2,13	5	2

Fonte: elaborada pelo autor

A Tabela 4.2 exibe a classificação das operações em *setup* interno ou *setup* externo (do modo que são realizadas atualmente), assim como os operadores envolvidos na sua realização e a média de tempo obtida na Tabela 4.1.

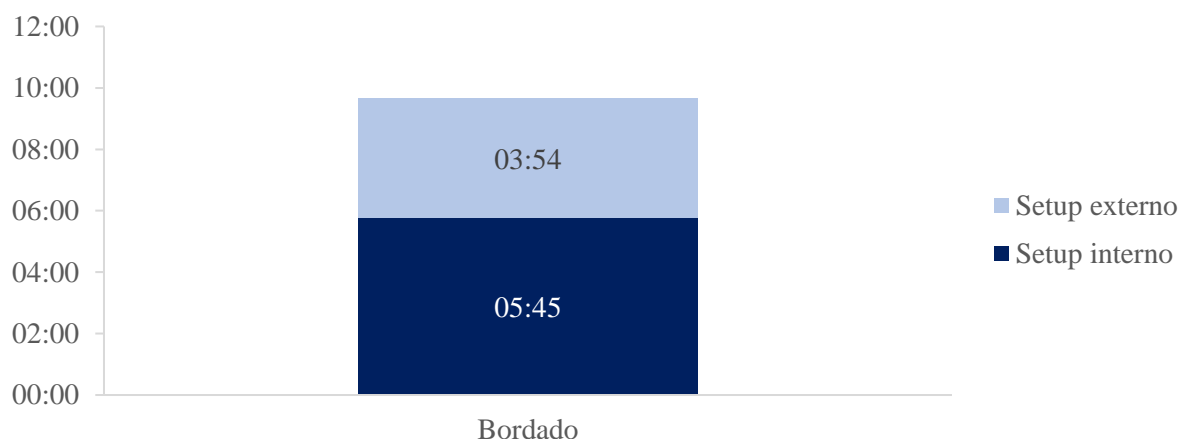
Tabela 4.2 - Classificação das operações de *setup* de bordado

#	Operação	Operadores envolvidos	Média de tempo (min)	Classificação atual
1	Fixação do tecido no suporte circular	A	03:54	<i>Setup</i> externo
2	Parada da máquina	A	00:06	<i>Setup</i> interno
3	Remoção de partes finalizadas da máquina	A	01:50	<i>Setup</i> interno
4	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	A	00:17	<i>Setup</i> interno
5	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	A	01:33	<i>Setup</i> interno
6	Fixação de suportes circulares na máquina	A	01:54	<i>Setup</i> interno
7	Início da máquina	A	00:05	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Somando-se os tempos das operações realizadas em sequência, obtém-se os valores do Gráfico 4.1 para a duração dos *setups* interno e externo.

Gráfico 4.1 - Duração do *setup* de bordado no estado atual



Fonte: elaborado pelo autor

b) Estampagem

Como descrito na Seção 1.2.4, o Setor de Estampagem possui duas máquinas automáticas que funcionam em paralelo. As máquinas são compostas por uma base circular rotatória que suportam placas de apoio, nas quais os tecidos são dispostos, e por braços que sustentam telas de estampa ou equipamentos de secagem. As placas de apoio são cobertas por uma fina camada de cola e talco, que auxiliam na aderência do tecido. Já as telas de estampa, específicas para a figura a ser estampada, são cobertas por tinta. Quando a placa de apoio alcança a posição de um determinado braço, este realiza a estampagem de forma automática, posicionando a tela de estampa sobre o tecido e, em seguida, pressionando a tinta contra a tela.

Cada máquina é operada por três pessoas, que possuem as seguintes funções durante a operação da máquina:

- Operador A: posiciona os tecidos nas placas de apoio;
- Operador B: retira os tecidos estampados das placas de apoio e os transfere para a esteira da estufa;
- Operador C: adiciona tinta sobre as telas de estampa conforme necessário e inspeciona a operação geral da máquina.

O *setup* de cada máquina de estampagem é realizado pelos seus três operadores. Eles são responsáveis, entre outras operações, por transportar tecidos oriundos do Estoque

Intermediário, remover e encaixar telas, aplicar cola e talco sobre as placas de apoio, alinhar as telas e os tecidos e realizar testes antes da produção começar efetivamente.

A Tabela 4.3 apresenta as operações de *setup* da etapa de estampagem, assim como os parâmetros e resultados envolvidos na amostragem de tempos. Os valores das medidas de tempo coletadas encontram-se no Apêndice 2.

Tabela 4.3 - Parâmetros e resultados de amostragem de tempos das operações de *setup* de estampagem

#	Operação	Média de tempo (min)	Desvio padrão (min)	<i>t</i> de Student	<i>n</i> coletado	<i>n</i> necessário
1	Identificação do tecido a ser processado	03:14	00:21	2,02	6	5
2	Transporte do tecido a ser processado	01:01	00:06	2,13	5	5
3	Parada da máquina	00:15	00:02	1,94	7	7
4	Remoção das telas utilizadas da máquina	02:16	00:12	2,13	5	4
5	Transporte das telas utilizadas para o tanque	00:14	00:01	2,13	5	3
6	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	08:49	00:56	2,02	6	5
7	Transporte e armazenagem de telas utilizadas	01:17	00:07	2,02	6	4
8	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	10:15	01:13	2,02	6	6
9	Aplicação de talco e cola nas placas de apoio	02:47	00:20	1,94	7	6
10	Identificação de novas telas no depósito	02:25	00:15	2,13	5	5
11	Transporte de telas para a máquina	00:13	00:01	2,13	5	3
12	Encaixe de telas na máquina	02:32	00:16	2,02	6	5
13	Identificação de tinta no depósito	01:45	00:08	2,13	5	3
14	Transporte de tinta para a máquina	00:14	00:01	2,13	5	4
15	Aplicação de tinta nas telas	01:12	00:07	2,13	5	5
16	Alinhamento de telas	05:23	00:34	2,02	6	5
17	Início da máquina	00:14	00:01	2,13	5	5
18	Teste completo com retalhos e ajustes	07:37	00:53	1,94	7	5
19	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:25	00:27	2,13	5	5

Fonte: elaborada pelo autor

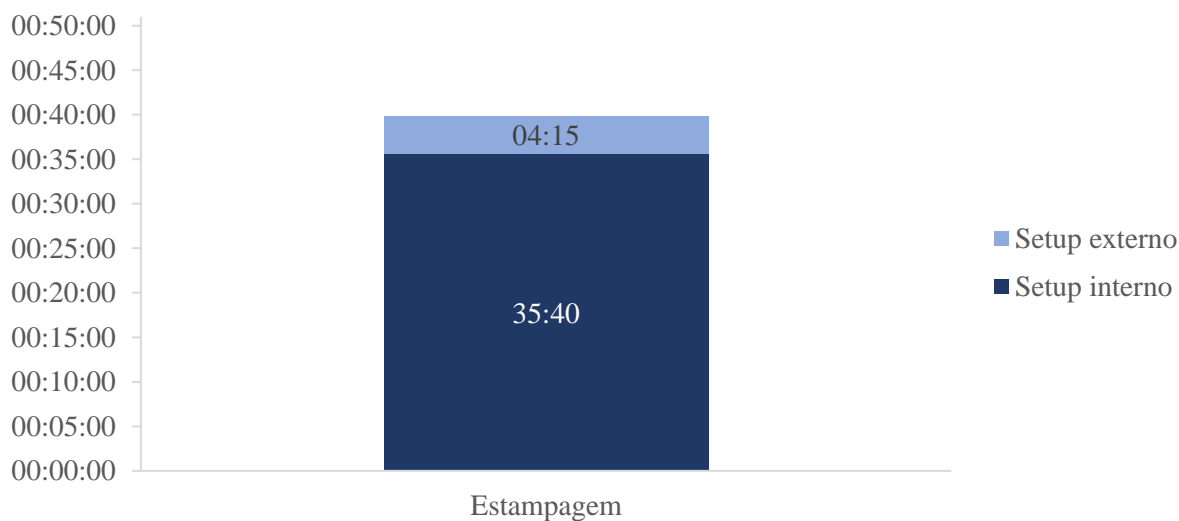
A Tabela 4.4 exhibe a classificação das operações em *setup* interno ou *setup* externo (do modo que são realizadas atualmente), assim como os operadores envolvidos na sua realização e a média de tempo obtida na Tabela 4.3.

Tabela 4.4 - Classificação das operações de *setup* de estampagem

#	Operação	Operadores envolvidos	Média de tempo (min)	Classificação atual
1	Identificação do tecido a ser processado	C	03:14	<i>Setup</i> externo
2	Transporte do tecido a ser processado	C	01:01	<i>Setup</i> externo
3	Parada da máquina	A, B, C	00:15	<i>Setup</i> interno
4	Remoção das telas utilizadas da máquina	A, B	02:16	<i>Setup</i> interno
5	Transporte das telas utilizadas para o tanque	A, B	00:14	<i>Setup</i> interno
6	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	A, B	08:49	<i>Setup</i> interno
7	Transporte e armazenagem de telas utilizadas	A, B	01:17	<i>Setup</i> interno
8	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	C	10:15	<i>Setup</i> interno
9	Aplicação de cola e talco nas placas de apoio	C	02:47	<i>Setup</i> interno
10	Identificação de novas telas no depósito	A, B	02:25	<i>Setup</i> interno
11	Transporte de telas para a máquina	A, B	00:13	<i>Setup</i> interno
12	Encaixe de telas na máquina	A, B	02:32	<i>Setup</i> interno
13	Identificação de tinta no depósito	C	01:45	<i>Setup</i> interno
14	Transporte de tinta para a máquina	C	00:14	<i>Setup</i> interno
15	Aplicação de tinta nas telas	C	01:12	<i>Setup</i> interno
16	Alinhamento de telas	A, B, C	05:23	<i>Setup</i> interno
17	Início da máquina	A, B, C	00:14	<i>Setup</i> interno
18	Teste completo com retalhos e ajustes	A, B, C	07:37	<i>Setup</i> interno
19	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	A, B, C	04:25	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Considerando que diversas operações são realizadas em paralelo (por diferentes operadores, como mostra a Tabela 4.4) no estado atual, obtém-se os valores do Gráfico 4.2 para a duração do *setup* interno e externo.

Gráfico 4.2 - Duração do *setup* de estampagem no estado atual

Fonte: elaborado pelo autor

c) Sublimação

Como descrito na Seção 1.2.4, o processo de sublimação é realizado através da transferência de tinta de um papel impresso para o tecido. Para isso, o papel impresso, que vem na forma de rolo, é esticado pela máquina e, sobre ele, são posicionados os tecidos. Para dar suporte e manter esticado o tecido, uma segunda camada de papel (neste caso, papel pardo) é disposta sobre ele. O tecido, envolvido pelas duas camadas de papel, então, atravessa uma série de tubos metálicos aquecidos.

O Setor de Sublimação possui uma máquina de sublimação (chamada de calanga), além de três máquinas de plotagem (que produzem o papel impresso). O *setup* analisado por esta seção refere-se ao da calanga, já que é neste que ocorrem as perdas citadas na Seção 3.3.3.

O setor possui três funcionários por turno, que possuem as seguintes funções:

- Operador A: posiciona os tecidos sobre o papel impresso para serem sublimados;
- Operador B: retira os tecidos sublimados da calanga e os dispõe em uma caixa;
- Operador C: programa a impressão do papel pelas máquinas de plotagem, trabalhando em local separado.

O *setup* da calanga é realizado pelos operadores A e B. Eles são responsáveis, entre outras operações, por transportar tecidos oriundos do estoque intermediário, trocar os rolos de papel impresso e realizar o alinhamento entre as duas camadas de papel e o tecido (é essencial garantir que o papel esteja bem esticado).

A Tabela 4.5 apresenta as operações de *setup* da etapa de sublimação, assim como os parâmetros e resultados envolvidos na amostragem de tempos. Os valores das medidas de tempo coletadas encontram-se no Apêndice 2.

Tabela 4.5 - Parâmetros de amostragem de tempos das operações de *setup* de sublimação

#	Operação	Média de tempo (min)	Desvio padrão (min)	<i>t</i> de Student	<i>n</i> coletado	<i>n</i> necessário
1	Parada da máquina	00:14	00:01	2,13	5	4
2	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	02:02	00:13	2,13	5	5
3	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	02:24	00:14	2,02	6	5
4	Transporte do novo rolo de papel	00:22	00:02	2,13	5	4
5	Inserção do rolo de papel	02:40	00:13	2,13	5	4
6	Alinhamento do rolo de papel	04:36	00:33	2,02	6	6
7	Transporte do tecido finalizado para o estoque intermediário	00:55	00:06	2,13	5	5
8	Identificação de tecido a ser processado	02:59	00:17	2,13	5	4
9	Transporte do tecido a ser processado para o local da máquina	00:56	00:06	2,02	6	5
10	Ajuste do papel pardo	04:47	00:30	2,02	6	5
11	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:35	00:26	2,02	6	4

Fonte: elaborada pelo autor

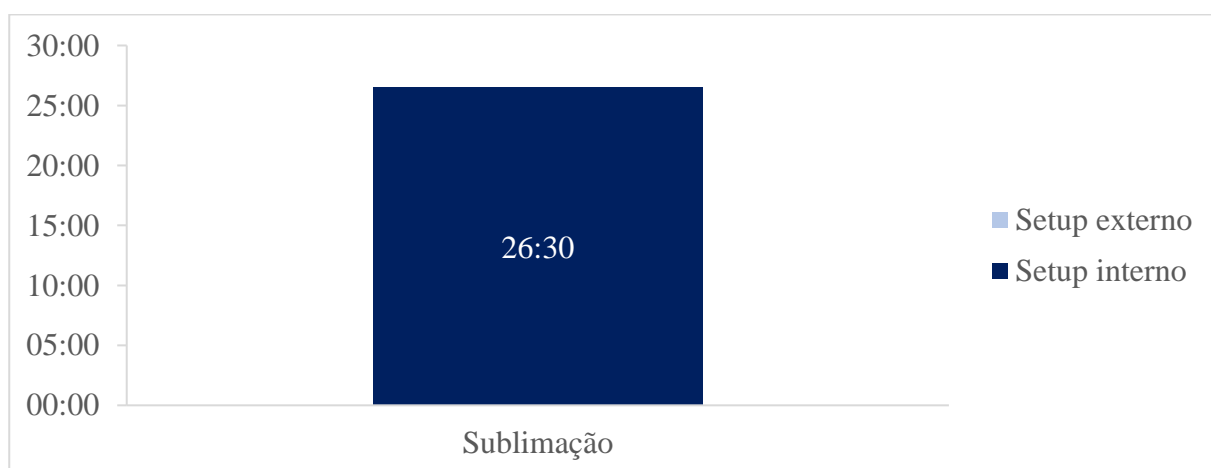
A Tabela 4.6 exibe a classificação das operações em *setup* interno ou *setup* externo (do modo que são realizadas atualmente), assim como os operadores envolvidos na sua realização e a média de tempo obtida na Tabela 4.5.

Tabela 4.6 - Classificação das operações de *setup* de sublimação

#	Operação	Operadores envolvidos	Média de tempo (min)	Classificação atual
1	Parada da máquina	A, B	00:14	<i>Setup</i> interno
2	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	A, B	02:02	<i>Setup</i> interno
3	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	A, B	02:24	<i>Setup</i> interno
4	Transporte do novo rolo de papel	A, B	00:22	<i>Setup</i> interno
5	Inserção do rolo de papel	A, B	02:40	<i>Setup</i> interno
6	Alinhamento do rolo de papel	A, B	04:36	<i>Setup</i> interno
7	Transporte do tecido finalizado para o estoque intermediário	A	00:55	<i>Setup</i> interno
8	Identificação de tecido a ser processado	A	02:59	<i>Setup</i> interno
9	Transporte do tecido a ser processado para o local da máquina	A	00:56	<i>Setup</i> interno
10	Ajuste do papel pardo	A, B	04:47	<i>Setup</i> interno
11	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	A, B	04:35	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Considerando que diversas operações são realizadas em paralelo (pelos operadores A e B, como mostra a Tabela 4.6) no estado atual, obtém-se os valores do Gráfico 4.3 para a duração do *setup* interno e externo.

Gráfico 4.3 - Duração do *setup* de sublimação no estado atual

Fonte: elaborado pelo autor

4.1.2. Estágio 1: Separar *setup* interno de *setup* externo

O Estágio 1 do SMED consiste em avaliar as operações do *setup* interno a fim de verificar a possibilidade de passar a realizá-las enquanto a máquina está operando. Em seguida, será verificado o impacto de tal medida na duração total do *setup* interno.

a) Bordado

No caso da etapa de bordado, a operação de *setup* interno #5 (“posicionamento de tecidos com suporte na base máquina”) pode ser realizada em *setup* externo. Para isso, enquanto a máquina está funcionando, os próximos tecidos a serem processados já serão posicionados na sua base, a poucos movimentos de serem encaixados. A base da máquina possui espaço suficiente para a realização de tal técnica sem afetar sua operação.

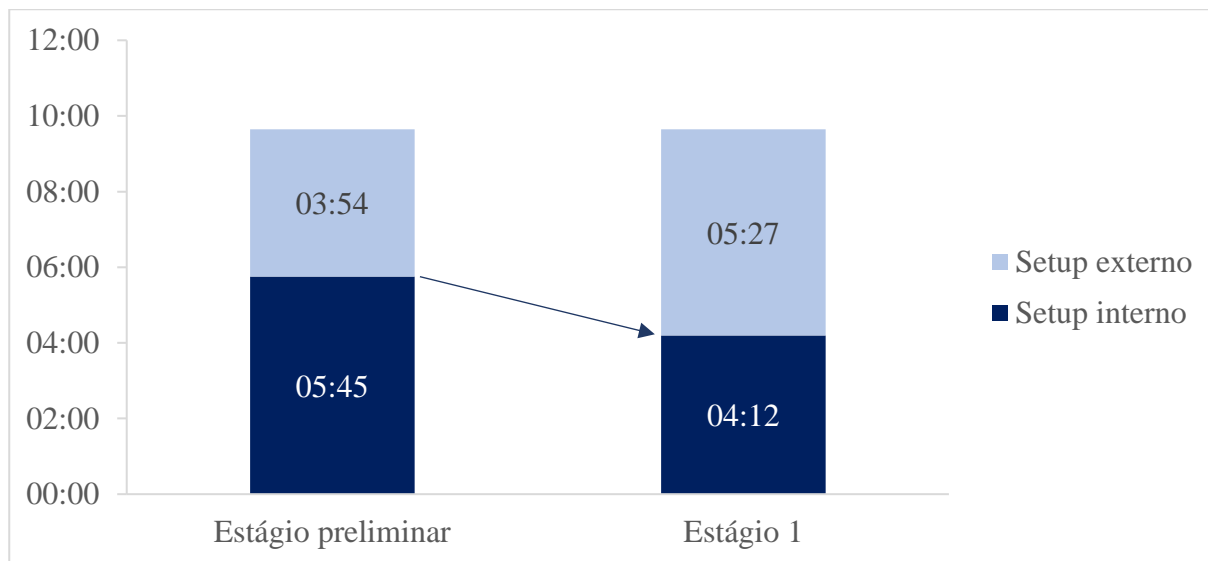
Para que a operação #5 possa ser realizada em *setup* externo, será necessária a contratação de um funcionário adicional por turno para o Setor de Bordado. O novo funcionário (“Operador C”), além de realizar a operação #5, terá outras funções a serem definidas no Estágio 3 do SMED. Além disso, a viabilidade econômica de sua contratação será avaliada no Capítulo 5.

A Tabela 4.7 apresenta as classificações das operações de *setup* do processo de bordado antes e depois do Estágio 1 do SMED e o Gráfico 4.4 compara os tempos totais de ambos.

Tabela 4.7 - Separação de operações de *setup* de bordado

#	Operação	Média de tempo (min)	Classificação atual	Classificação Estágio 1
1	Fixação do tecido no suporte circular	03:54	<i>Setup</i> externo	<i>Setup</i> externo
2	Parada da máquina	00:06	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
3	Remoção de partes finalizadas da máquina	01:50	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
4	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	00:17	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
5	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	01:33	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
6	Fixação de suportes circulares na máquina	01:54	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
7	Início da máquina	00:05	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Gráfico 4.4 - Tempos de *setup* de bordado após Estágio 1 do SMED

Fonte: elaborado pelo autor

b) Estampagem

Em relação às operações de *setup* do processo de estampagem, podem ser realizadas em *setup* externo:

- As operações de transporte e armazenagem de telas (#5, #7, #10 e #11);
- As operações de transporte e armazenagem de tintas (#13 e #14);
- A operação de lavagem e raspagem das telas utilizadas (#6).

Para isso, será necessária a contratação de um funcionário adicional por turno para o setor (“Operador D”). A viabilidade econômica de sua contratação será avaliada no Capítulo 5.

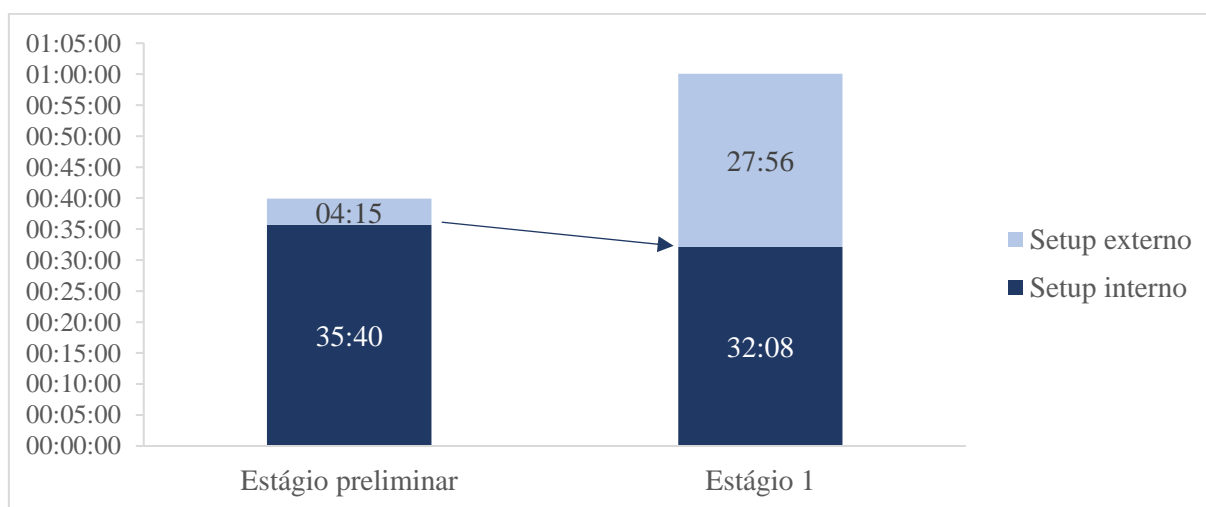
A Tabela 4.8 apresenta as classificações das operações de *setup* do processo de estampagem antes e depois do Estágio 1 do SMED e o Gráfico 4.5 compara os tempos totais de ambos.

Observa-se que a redução obtida na duração do *setup* interno é inferior ao crescimento na duração do *setup* externo. Isso deve-se ao fato de que muitas das operações que eram realizadas em paralelo (pelos operadores A, B e C) agora serão realizadas em sequência (pelo Operador D).

Tabela 4.8 - Separação de operações de *setup* de estampagem

#	Operação	Média de tempo (min)	Classificação atual	Classificação Estágio 1
1	Identificação do tecido a ser processado	03:14	<i>Setup</i> externo	<i>Setup</i> externo
2	Transporte do tecido a ser processado	01:01	<i>Setup</i> externo	<i>Setup</i> externo
3	Parada da máquina	00:15	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
4	Remoção das telas utilizadas da máquina	02:16	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
5	Transporte das telas utilizadas para o tanque	00:14	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
6	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	08:49	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
7	Armazenagem de telas utilizadas	01:17	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
8	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	10:15	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
9	Aplicação de talco e cola nas placas de apoio	02:47	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
10	Identificação de novas telas no depósito	02:25	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
11	Transporte de telas para a máquina	00:13	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
12	Encaixe de telas na máquina	02:32	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
13	Armazenagem e identificação de tinta no depósito	01:45	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
14	Transporte de tinta para a máquina	00:14	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
15	Aplicação de tinta nas telas	01:12	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
16	Alinhamento de telas	05:23	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
17	Início da máquina	00:14	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
18	Teste completo com retalhos e ajustes	07:37	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
19	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:25	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Gráfico 4.5 - Tempos de *setup* de estampagem após Estágio 1 do SMED

Fonte: elaborado pelo autor

c) Sublimação

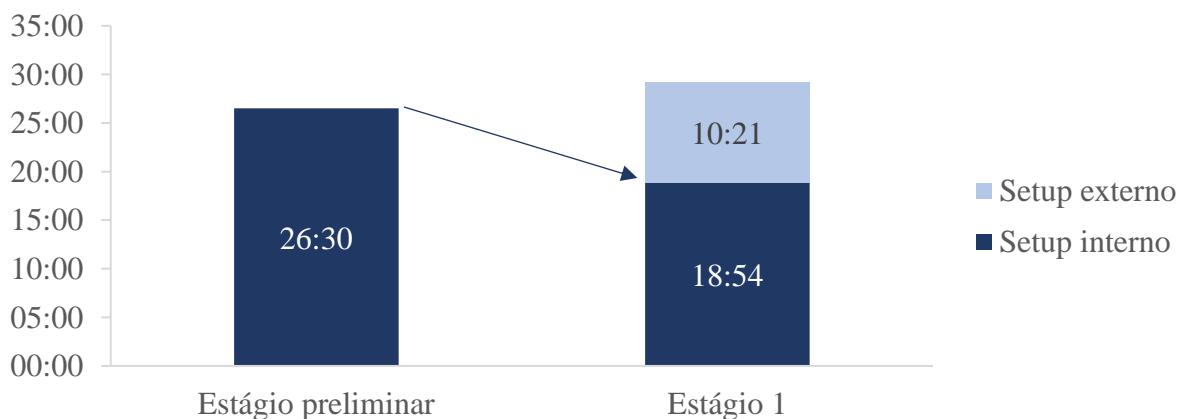
No caso da etapa de sublimação, podem ser realizadas em *setup* externo as operações de identificação e transporte de rolos de papel impresso (#3 e #4) e de tecido (#7, #8 e #9). Para isso, será necessária a contratação de um funcionário adicional por turno para o setor (“Operador D”). O novo funcionário, além de realizar as operações de *setup* externo, terá outras funções a serem definidas no Estágio 2 do SMED. Além disso, a viabilidade econômica de sua contratação será avaliada no Capítulo 5.

Tabela 4.9 - Separação de *setup* de sublimação

#	Operação	Média de tempo (min)	Classificação atual	Classificação Estágio 1
1	Parada da máquina	00:14	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
2	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	02:02	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
3	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	02:24	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
4	Transporte do novo rolo de papel	00:22	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
5	Inserção do rolo de papel	02:40	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
6	Alinhamento do rolo de papel	04:36	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
7	Transporte do tecido finalizado para o estoque intermediário	00:55	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
8	Identificação de tecido a ser processado	02:59	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
9	Transporte do tecido a ser processado para o local da máquina	00:56	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> externo
10	Ajuste do papel pardo	04:47	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno
11	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:35	<i>Setup</i> interno	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Gráfico 4.6 - Tempos de *setup* de sublimação após Estágio 1 do SMED



Fonte: elaborado pelo autor

4.1.3. Estágio 2: Converter *setup* interno para *setup* externo

O Estágio 2 consiste na avaliação das operações do *setup* interno a fim de verificar a possibilidade de convertê-las em atividades de *setup* externo.

a) Bordado

No Estágio 1 do SMED, foi verificada a possibilidade de realização da operação #5 enquanto a máquina está em funcionamento. No Estágio 2, constatou-se que não é possível converter nenhuma outra atividade do *setup* interno de bordado para *setup* externo.

b) Estampagem

No Estágio 1 do SMED, verificou-se que podem ser realizadas em *setup* externo sete operações que atualmente são realizadas com a máquina parada. No Estágio 2, constatou-se que não é possível converter nenhuma outra atividade do *setup* interno de estampagem para *setup* externo.

c) Sublimação

No Estágio 1 do SMED, verificou-se que as operações de transporte e armazenagem de insumos podem ser realizadas em *setup* externo. Para isso, foi proposta a contratação de um funcionário adicional (chamado de Operador D) para o setor, que terá a função de realizar tais operações.

No Estágio 3, propõe-se a conversão de parte da operação #5 (“inserção do rolo de papel”) para *setup* externo. A operação consiste em inserir o rolo de papel em um dos cilindros da máquina e, em seguida, esticá-lo. A máquina possui 3 cilindros para fixar rolos, mesmo que somente 1 seja utilizado por vez na operação da máquina. Dessa forma, o rolo a ser utilizado no processamento seguinte pode ser inserido em um dos cilindros enquanto a máquina está em funcionamento, para que, quando a máquina parar, ele só tenha de ser esticado. Assim, a operação #5 será dividida em duas:

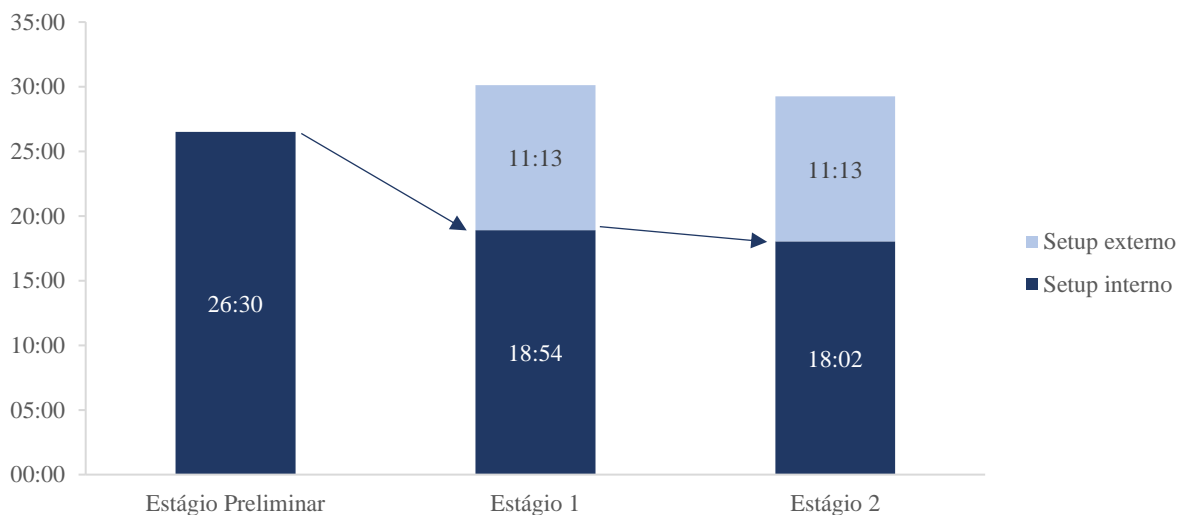
- Operação #5.1 (“inserção de rolo de papel em cilindro livre”), realizada em *setup* externo;
- Operação #5.2 (“alimentação da máquina com papel”), realizada em *setup* interno.

A Tabela 4.10 apresenta as operações de *setup* após o Estágio 2 do SMED.

Tabela 4.10 - Operações de *setup* de sublimação ao final do SMED

#	Operação	Tempo proposto (min)	Operadores envolvidos	Classificação proposta
1	Parada da máquina	00:14	A, B	<i>Setup</i> interno
2	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	02:02	A, B	<i>Setup</i> interno
3	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	02:24	D	<i>Setup</i> externo
4	Transporte do novo rolo de papel	00:43	D	<i>Setup</i> externo
5.1	Inserção do rolo de papel em cilindro livre	00:52	D	<i>Setup</i> externo
5.2	Alimentação da máquina com rolo de papel	01:48	A, B	<i>Setup</i> interno
6	Alinhamento do rolo de papel	04:36	A, B	<i>Setup</i> interno
7	Transporte do tecido finalizado	00:55	D	<i>Setup</i> externo
8	Identificação de tecido a ser processado	02:59	D	<i>Setup</i> externo
9	Transporte do tecido a ser processado	00:56	D	<i>Setup</i> externo
10	Ajuste do papel pardo	04:47	A, B	<i>Setup</i> interno
11	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:35	A, B	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Gráfico 4.7 - Tempos de *setup* de sublimação após estágios 1 e 2 do SMED

Fonte: elaborado pelo autor

4.1.4. Estágio 3: Simplificar todos os aspectos das operações de *setup*

O Estágio 3 do SMED consiste em propor modificações nas operações de *setup* no intuito de reduzir sua duração.

a) Bordado

No Estágio 1 do SMED, foi verificada a possibilidade de realização da operação #5 em *setup* externo. A proposta consiste em posicionar, na base da máquina, os tecidos a serem processados a seguir enquanto a máquina está operando. Para isso, será necessário contratar mais um funcionário por turno para o setor (chamado de Operador C).

No Estágio 3, as seguintes modificações de processos são propostas:

- **As operações #1 e #5 podem ser realizadas por mais operadores:** atualmente, tais operações são realizadas apenas pelo Operador A. A contratação do Operador C possibilita a sua realização por duas pessoas simultaneamente. Assim, a duração de tais operações pode ser reduzida pela metade;
- **As operações #3 e #6 podem ser realizadas em paralelo:** enquanto o Operador A retira as partes recém-processadas, o Operador C encaixa as partes a serem processadas na máquina;
- **A operação #3 pode ser simplificada:** durante a amostragem, observou-se que esta operação era realizada de modo bastante irregular. Em um dos ciclos observados, o operador retirou todas as partes da máquina de uma só vez (obtendo um tempo de 1:38). Nos demais ciclos, porém, o operador realizou a operação em duas etapas, retirando somente metade das partes por vez. Assim, a média de tempo obtida tornou-se bem maior do que o necessário. Propõe-se, então, a padronização da operação de modo que todas as partes sejam retiradas da máquina juntas;
- **A operação #4 pode ser simplificada:** ao assegurar que todas as partes sejam retiradas da máquina de uma só vez, a operação #4 também pode ser realizada em menor tempo (0:12), já que evita a duplicação do deslocamento até a mesa de acabamento.

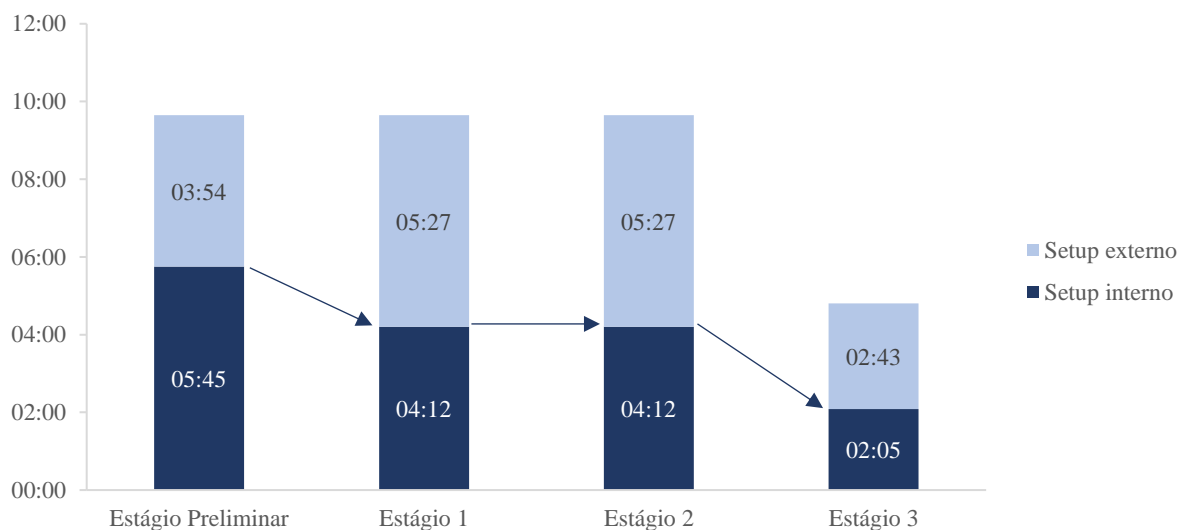
A Tabela 4.11 apresenta as operações de *setup* após finalizada a aplicação do SMED.

Tabela 4.11 - Operações de *setup* de bordado ao final do SMED

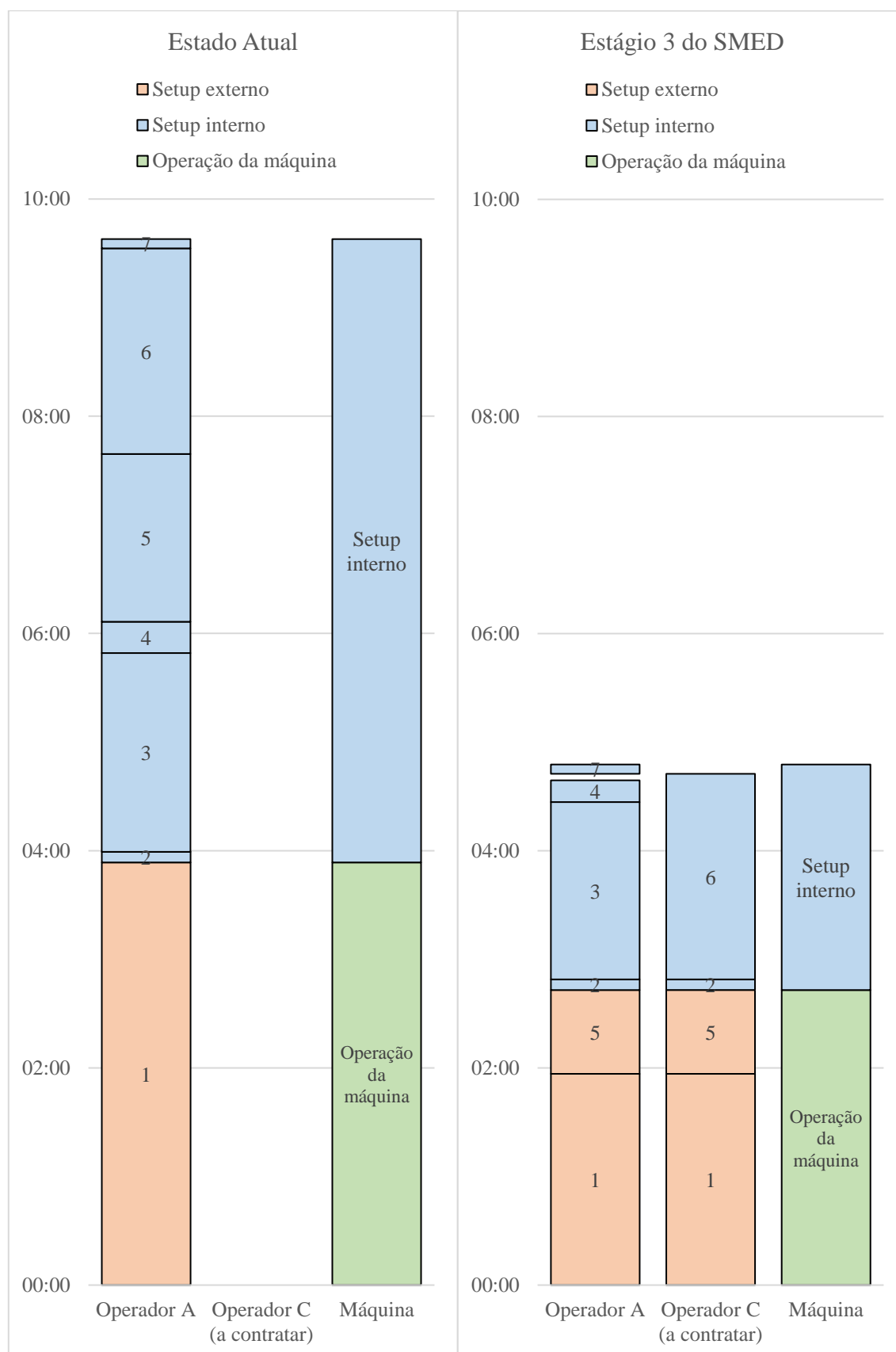
#	Operação	Tempo proposto (min)	Operadores envolvidos	Classificação proposta
1	Fixação do tecido no suporte circular	01:57	A, C	<i>Setup</i> externo
2	Parada da máquina	00:06	A, C	<i>Setup</i> interno
3	Remoção de partes finalizadas da máquina	01:38	A	<i>Setup</i> interno
4	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	00:12	A	<i>Setup</i> interno
5	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	00:46	A, C	<i>Setup</i> externo
6	Fixação de suportes circulares na máquina	01:54	C	<i>Setup</i> interno
7	Início da máquina	00:05	A	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Desse modo, obtém-se um tempo de *setup* interno de 2:05, uma redução de 64% em relação ao tempo mensurado no Estágio preliminar do SMED. O Gráfico 4.8 exibe os tempos obtidos após cada uma das etapas da metodologia e o Gráfico 4.9 compara o Gráfico Homem-Máquina do *setup* de bordado no estado atual e após a aplicação do SMED.

Gráfico 4.8 - Tempos de *setup* de bordado após aplicação do SMED

Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 4.9 – Gráfico Homem-Máquina do *setup* de bordado

Fonte: elaborado pelo autor

b) Estampagem

No Estágio 1 do SMED, constatou-se que operações de transporte e armazenagem de insumos e de lavagem de telas podem ser realizadas em *setup* externo. Com a consequente liberação de tempo dos operadores antes responsáveis por elas, é possível atribuir a eles novas funções de *setup* interno, além de simplificar outras.

Desse modo, no Estágio 3, são propostas as seguintes modificações em operações:

- **As operações #9 e #12 podem ser realizadas em paralelo:** enquanto o Operador A aplica talco e cola sobre as placas de apoio, os operadores B e C encaixam as telas de estampagem na máquina.
- **As operações #4 e #8 podem ser realizadas por mais operadores:** a remoção de telas utilizadas e a limpeza das placas de apoio são realizadas, no estado atual, por 2 operadores e 1 operador, respectivamente. É possível, porém, que as duas operações sejam realizadas por três operadores, reduzindo seus tempos em, aproximadamente, 1/3 e 2/3, respectivamente. Isso se deve ao fato de que cada operador pode atuar separadamente em uma tela/placa por vez.

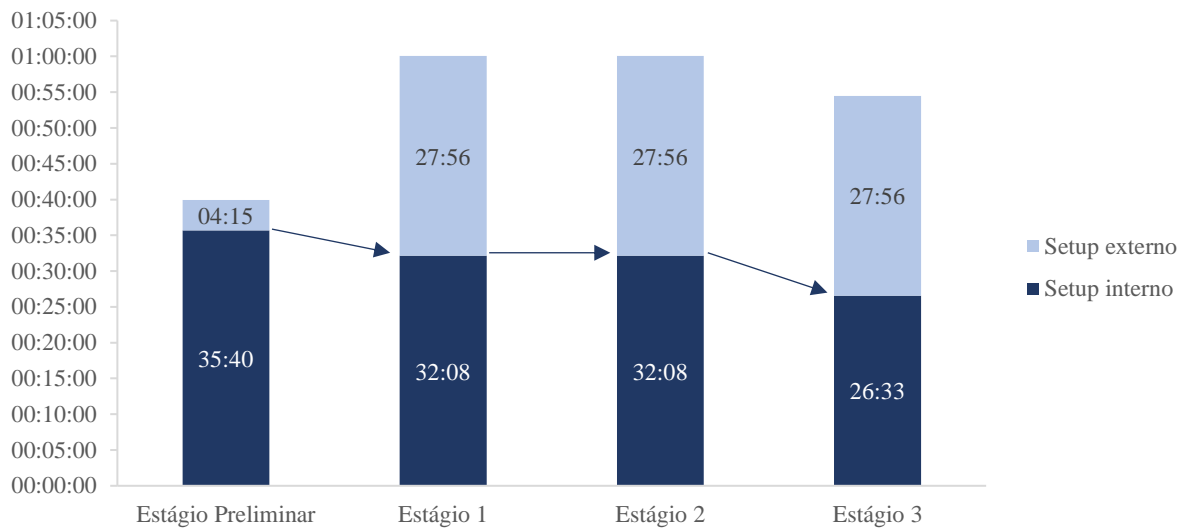
A Tabela 4.12 apresenta as operações de *setup* após finalizada a aplicação do SMED.

Tabela 4.12 - Operações de *setup* de estampagem ao final do SMED

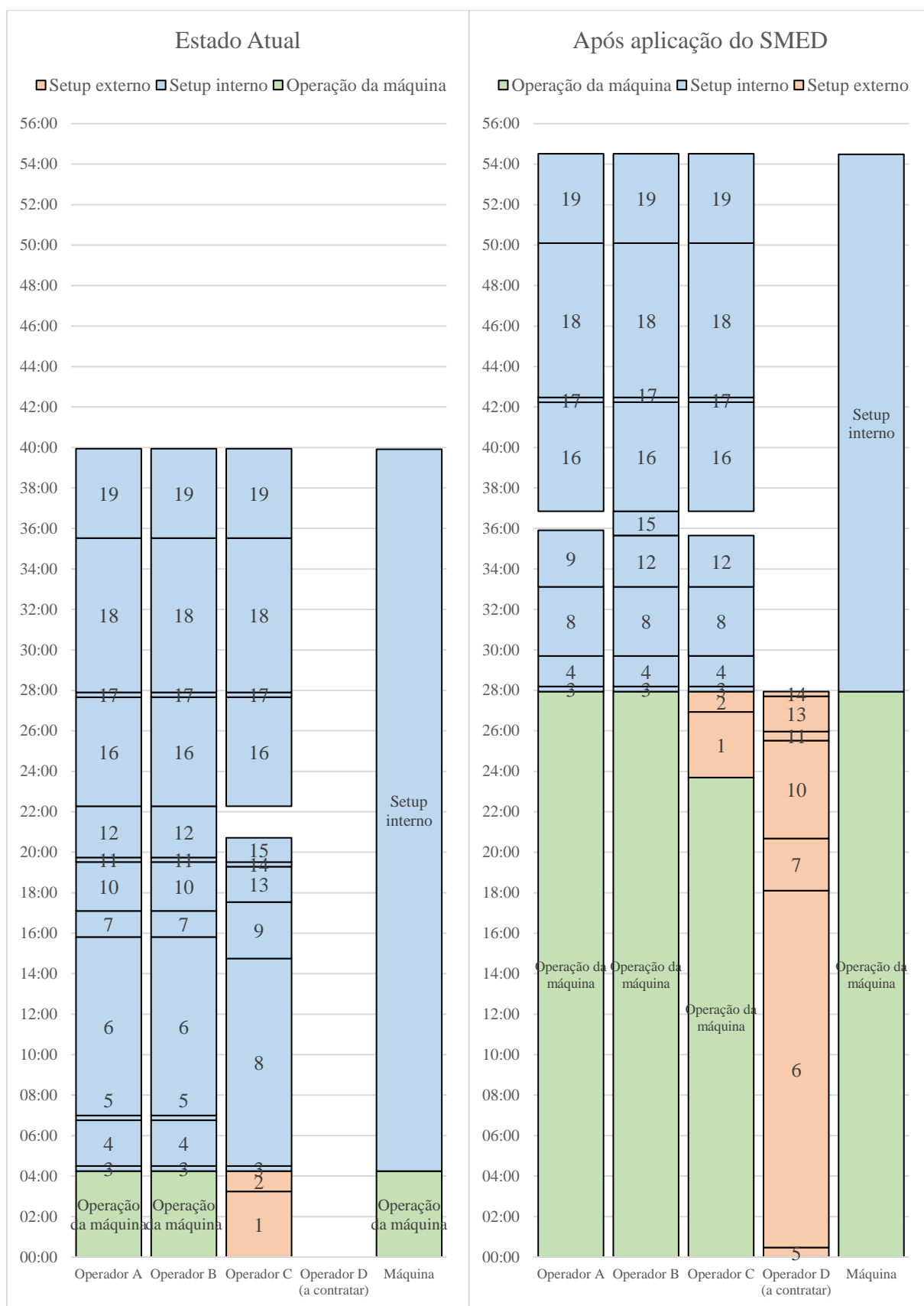
#	Operação	Tempo proposto (min)	Operadores envolvidos	Classificação proposta
1	Identificação do tecido a ser processado	03:14	C	<i>Setup</i> externo
2	Transporte do tecido a ser processado	01:01	C	<i>Setup</i> externo
3	Parada da máquina	00:15	A, B, C	<i>Setup</i> interno
4	Remoção das telas utilizadas da máquina	01:30	A, B, C	<i>Setup</i> interno
5	Transporte das telas utilizadas para o tanque	00:28	D	<i>Setup</i> externo
6	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	17:38	D	<i>Setup</i> externo
7	Armazenagem de telas utilizadas	02:35	D	<i>Setup</i> externo
8	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	03:25	A, B, C	<i>Setup</i> interno
9	Aplicação de talco e cola nas placas de apoio	02:47	A	<i>Setup</i> interno
10	Identificação de novas telas no depósito	04:50	D	<i>Setup</i> externo
11	Transporte de telas para a máquina	00:27	D	<i>Setup</i> externo
12	Encaixe de telas na máquina	02:32	B, C	<i>Setup</i> externo
13	Armazenagem e identificação de tinta no depósito	01:45	D	<i>Setup</i> externo
14	Transporte de tinta para a máquina	00:14	D	<i>Setup</i> externo
15	Aplicação de tinta nas telas	01:12	B	<i>Setup</i> interno
16	Alinhamento de telas	05:23	A, B, C	<i>Setup</i> interno
17	Início da máquina	00:14	A, B, C	<i>Setup</i> interno
18	Teste completo com retalhos e ajustes	07:37	A, B, C	<i>Setup</i> interno
19	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:25	A, B, C	<i>Setup</i> interno

Fonte: elaborada pelo autor

Desse modo, obtém-se um tempo de *setup* interno de 26:33, uma redução de 26% em relação ao tempo mensurado no Estágio Preliminar do SMED. O Gráfico 4.10 exibe os tempos obtidos após cada uma das etapas da metodologia e o Gráfico 4.11 compara o Gráfico Homem-Máquina do *setup* de estampagem no estado atual e após a aplicação do SMED.

Gráfico 4.10 - Tempos de *setup* de estampagem após aplicação do SMED

Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 4.11 – Gráfico Homem-Máquina do *setup* de estampagem

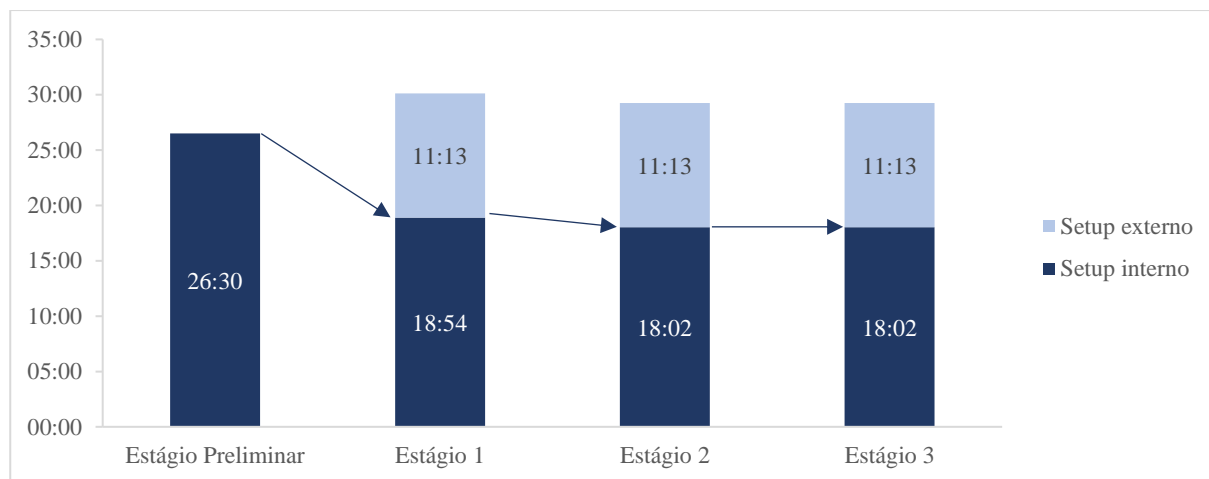
Fonte: elaborado pelo autor

c) Sublimação

No caso da etapa de sublimação, constatou-se que não podem ser realizadas outras simplificações no processo de *setup*.

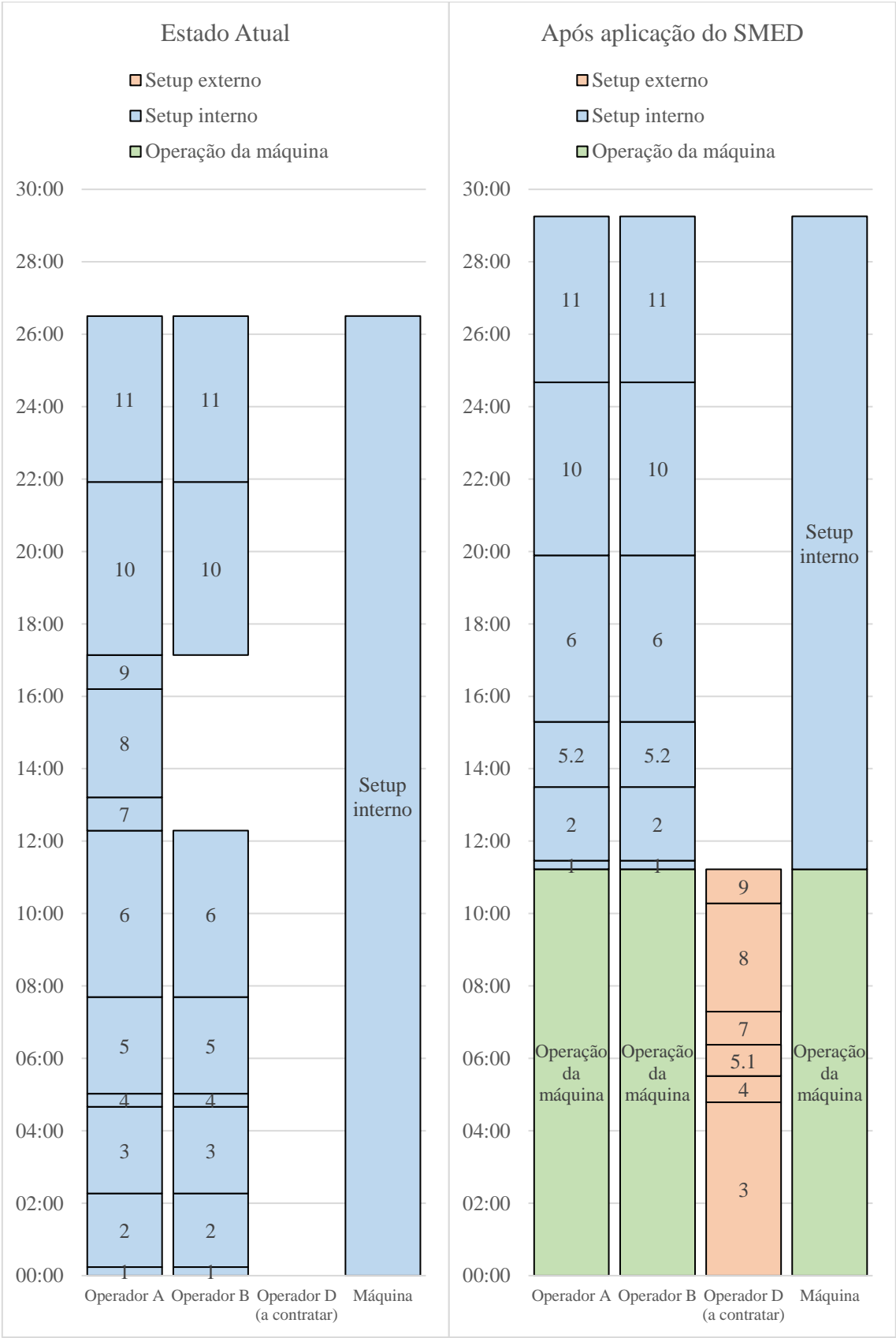
Desse modo, a partir das ações tomadas nos estágios 1 e 2, obtém-se um tempo de *setup* interno de 18:02, uma redução de 32% em relação ao tempo mensurado no Estágio Preliminar do SMED. O Gráfico 4.12 exibe os tempos obtidos após cada uma das etapas da metodologia e o Gráfico 4.13 compara o Gráfico Homem-Máquina do *setup* de sublimação no estado atual e após a aplicação do SMED.

Gráfico 4.12 - Tempos de *setup* de sublimação após aplicação do SMED



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 4.13 – Gráfico Homem-Máquina do *setup* de sublimação



Fonte: elaborado pelo autor

Como descrito anteriormente, as modificações nos processos de *setup* exigirão o emprego de um operador adicional por turno em cada etapa analisada. No caso das etapas de estampagem e sublimação, os novos operadores teriam a função de realizar apenas operações de *setup* externo. Com o objetivo de evitar um alto nível de ociosidade de tais operadores, verificou-se a possibilidade de um mesmo operador realizar ambas as funções.

A Tabela 4.13 apresenta a parcela do tempo de trabalho de um novo operador que seria ocupada pelas operações de *setup* externo nos seguintes cenários:

- Cenário 1: contratação de um funcionário por turno para cada setor (Estampagem e Sublimação);
- Cenário 2: contratação de apenas um funcionário por turno para os dois setores, que realizará as operações de *setup* externo de ambos.

Tabela 4.13 - Cálculo da parcela ocupada do tempo de trabalho do(s) novo(s) operador(es)

	Cenário 1		Cenário 2
	Apenas Estampagem	Apenas Sublimação	Estampagem + Sublimação
Tempo total de <i>setup</i> externo por turno (min)	201	39	240
Tempo de trabalho por turno (min)	480	480	480
Parcela do tempo de trabalho ocupada (%)	42%	8%	50%

Fonte: elaborada pelo autor

Verifica-se que a parcela do tempo ocupada é bastante baixa nos dois cenários. No Cenário 2, apenas 50% do tempo do novo operador seria ocupado com a realização de operações de *setup* externo. Desse modo, mesmo considerando os deslocamentos entre os dois setores, mostra-se viável a contratação de apenas um operador por turno para realizar as operações de *setup* externo de estampagem e sublimação.

Portanto, será necessária a contratação de 4 funcionários (1 para cada turno de bordado e 1 para cada turno de estampagem/sublimação).

4.2. ELABORAÇÃO DE CHECKLIST DE SETUP

Shingo (1985) recomenda a elaboração de um *checklist* contendo as operações que compõem o *setup* de uma máquina, com o objetivo de garantir a sua execução da forma como foi planejada. Em especial, deseja-se que operações classificadas como (ou convertidas para) *setup* externo sejam de fato realizadas enquanto a máquina opera.

Ao apresentar as propostas de modificação das operações do *setup* para a gerência da empresa, foi constatado que muitas delas já haviam sido requisitadas de modo informal aos funcionários dos setores de Bordado, Estampagem e Sublimação. Apesar disso, não era observada a sua aplicação na prática, já que, ao longo do tempo, os funcionários simplesmente deixavam de seguir tais instruções. Por conta disso, a elaboração e implementação de um *checklist* de operações mostra-se essencial para garantir que as melhorias previstas sejam de fato observadas.

As operações de *setup* a serem exibidas no *checklist* foram divididas em três grupos: operações executadas antes da parada da máquina, operações executadas enquanto a máquina está parada e operações executadas após o início da operação da máquina.

A Figura 4.1, apresenta o *checklist* de *setup* do processo de bordado.

Figura 4.1 - Checklist de *setup* de bordado

Checklist de <i>setup</i> de bordado			
#	Operação	Operadores responsáveis	Status
Operações executadas antes da parada da máquina			
1	Fixação do tecido no suporte circular	A, C	<input type="checkbox"/>
2	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	A, C	<input type="checkbox"/>
Operações executadas enquanto a máquina está parada			
1	Remoção de partes finalizadas da máquina	A	<input type="checkbox"/>
2	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	A	<input type="checkbox"/>
3	Fixação de suporte circular na máquina	C	<input type="checkbox"/>
4	Início da máquina	A, C	<input type="checkbox"/>

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 4.2 - Checklist de setup de estampagem

Checklist de setup de estampagem

#	Operação	Operadores responsáveis	Status
Operações executadas antes da parada da máquina			
1	Identificação do tecido a ser processado	C	<input type="checkbox"/>
2	Transporte do tecido a ser processado	C	<input type="checkbox"/>
3	Identificação de novas telas no depósito	D	<input type="checkbox"/>
4	Transporte de telas para a máquina	D	<input type="checkbox"/>
5	Identificação de tinta no depósito	D	<input type="checkbox"/>
6	Transporte de tinta para a máquina	D	<input type="checkbox"/>
Operações executadas enquanto a máquina está parada			
1	Remoção das telas utilizadas da máquina	A, B, C	<input type="checkbox"/>
2	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	A, B, C	<input type="checkbox"/>
3	Aplicação de talco e cola nas placas de apoio	A	<input type="checkbox"/>
4	Encaixe de telas na máquina	B, C	<input type="checkbox"/>
5	Aplicação de tinta nas telas	B	<input type="checkbox"/>
6	Alinhamento de telas	A, B, C	<input type="checkbox"/>
7	Início da máquina	A, B, C	<input type="checkbox"/>
8	Teste completo com retalhos e ajustes	A, B, C	<input type="checkbox"/>
9	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	A, B, C	<input type="checkbox"/>
Operações executadas após o início da operação da máquina			
1	Transporte das telas utilizadas para o tanque	D	<input type="checkbox"/>
2	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	D	<input type="checkbox"/>
3	Armazenamento de telas utilizadas	D	<input type="checkbox"/>

Fonte: elaborada pelo autor

Figura 4.3 - Checklist de setup de sublimação

Checklist de setup de sublimação

#	Operação	Operadores responsáveis	Status
Operações executadas antes da parada da máquina			
1	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	D	<input type="checkbox"/>
2	Transporte do novo rolo de papel	D	<input type="checkbox"/>
3	Inserção do rolo de papel em cilindro livre	D	<input type="checkbox"/>
4	Identificação de tecido a ser processado	D	<input type="checkbox"/>
5	Transporte do tecido a ser processado	D	<input type="checkbox"/>
Operações executadas enquanto a máquina está parada			
1	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	A, B	<input type="checkbox"/>
2	Alimentação da máquina com papel	A, B	<input type="checkbox"/>
3	Alinhamento do rolo de papel	A, B	<input type="checkbox"/>
4	Ajuste do papel pardo	A, B	<input type="checkbox"/>
5	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	A, B	<input type="checkbox"/>
Operações executadas após o início da operação da máquina			
1	Transporte do tecido finalizado para o estoque intermediário	D	<input type="checkbox"/>

Fonte: elaborada pelo autor

4.3. APLICAÇÃO DO S&OP

4.3.1. Visão geral

Visando solucionar as deficiências de planejamento descritas na Seção 3.4, que impedem que a Confecção administre com eficácia as frequentes lacunas existentes entre capacidade produtiva e produção demandada, propõe-se a adoção da metodologia Planejamento de Vendas e Operações (S&OP). A seguir, será descrita a rotina de planejamento proposta, adaptada para a realidade da Confecção, além de um plano para a sua implementação. O modo como a rotina proposta soluciona cada uma das deficiências identificadas será detalhado na Seção 5.2.

Baseado no processo proposto por Wallace (2001), o S&OP da Confecção consistirá em uma rotina mensal. O objetivo da rotina é promover o equilíbrio entre demanda e oferta dos produtos da empresa, assim diminuindo o *lead time* de produção e reduzindo atrasos de pedidos. O horizonte de planejamento será de 12 meses, considerado suficiente para a implementação de praticamente quaisquer planos de ação definidos no processo. Tais planos de ação podem incluir:

- A criação ou eliminação de turnos de trabalho;
- A aquisição ou venda de equipamentos e máquinas;
- A programação de horas extras;
- A elaboração de estratégias para impulsionar as vendas;
- O aumento ou redução dos tempos de entrega estabelecidos com os clientes;
- A promoção de iniciativas para aumentar a produtividade da fábrica.

Além disso, será incluído o acompanhamento de indicadores de nível de serviço no processo de Planejamento de Suprimentos. Atualmente, o controle de indicadores só é realizado pela alta gerência de forma esporádica.

Os participantes do S&OP serão um analista de TI, os gerentes dos setores de Vendas, PCP, Compras e Finanças, os diretores de Negócios e Produção e o presidente da empresa. Além disso, os gerentes podem recrutar analistas de suas áreas para as etapas de Planejamento de Demanda e Planejamento de Suprimentos, caso julguem necessário.

Com o objetivo de auxiliar na disseminação da importância do S&OP na empresa, além de garantir a sua realização, Wallace (2001) recomenda a definição de duas pessoas para realizarem os papéis de Executivo Patrocinador e de Dono do S&OP. No caso da Confecção, sugere-se que o presidente da empresa seja o Executivo Patrocinador, tendo o objetivo de manter o foco no projeto e prover os recursos necessários para a sua realização. Avalia-se,

ainda, que o gerente de PCP deveria assumir o papel de Dono do S&OP, por conta da sua familiaridade com o tema e grande conhecimento do negócio. Ele terá as funções de gerenciar a implementação do S&OP e, em seguida, continuar como líder do processo.

4.3.2. Famílias de produtos

O S&OP utiliza volumes agregados por famílias de produtos nas análises de Planejamento de Demanda e Planejamento de Suprimentos. Além disso, as discussões voltadas para a tomada de decisão são todas feitas em torno desses volumes agregados. Desse modo, faz-se necessário a escolha de um critério de classificação dos produtos para formar as famílias. Alguns candidatos de critérios são:

- Marca (clubes de futebol, marca própria, Clássicos ou *private label*);
- Categoria (camisetas, regatas, bermudas etc.);
- Tamanho (PP, P, M, G etc.);
- Tipo de produção (interna ou externa obrigatória, por falta de *expertise* interna);
- Processos exigidos na fabricação (bordado, estampagem, sublimação e/ou transferência térmica).

Sugere-se a utilização da **marca** como critério de classificação dos produtos em famílias devido a três razões:

- Familiaridade do Setor de Vendas:** Wallace (2001) recomenda estruturar as famílias do mesmo modo que a empresa vai a mercado. Atualmente, a classificação de produtos de acordo com a marca é a mais utilizada pelo Setor de Vendas tanto para análises internas, quanto para a comunicação com os clientes;
- Adequação da quantidade de famílias:** considerando-se que a empresa trabalha com 8 marcas de clubes de futebol, a quantidade total de famílias seria de 11. Wallace (2001) avalia que a quantidade de famílias não deve ultrapassar 12. Portanto, o número é adequado;
- Menor complexidade de previsão de demanda:** o volume de vendas dos produtos dos clubes de futebol é bastante dependente do seu desempenho em campeonatos nacionais e internacionais, além da popularidade momentânea das marcas. Desse modo, torna-se possível ajustar qualitativamente a demanda prevista para as famílias de acordo com a percepção do Setor de Vendas quanto ao desempenho e a popularidade dos clubes. Tal ajuste seria muito complexo caso as famílias não sejam separadas por marca.

4.3.3. Planilha do S&OP

Segundo Wallace (2001), uma das condições para o bom funcionamento do processo de S&OP é a reunião dos dados relevantes a diferentes setores em uma mesma ferramenta, de modo a fornecer uma visão holística sobre a situação das famílias de produtos. De acordo com o autor, todas as informações de uma família necessárias para a tomada de decisão devem estar dispostas em uma única página.

Tendo isso em mente, elaborou-se uma proposta de planilha de S&OP para ser utilizada pela Confeccção, dividida em duas grandes partes. A primeira consiste em uma visão das famílias de produtos, que exibirá:

- A Previsão de Vendas dos produtos da família, incluindo uma comparação com as vendas realizadas nos meses passados;
- O Plano de Operações (ou seja, o volume de produção planejado), dividido em produção interna e externa, incluindo uma comparação com a produção realizada nos meses passados;
- O volume de pedidos pendentes e o estoque de produtos acabados, a serem levados em consideração na definição do Plano de Operações;
- Indicadores de nível de serviço, como a porcentagem de pedidos entregues por completo no prazo (OTIF) e o número de entregas por pedidos.

A Figura 4.4 exibe a página da planilha proposta.

Figura 4.4 - Proposta de planilha de S&OP

Família		jan-20	fev-20	mar-20	abr-20	mai-20	jun-20	jul-20	ago-20	set-20	out-20	nov-20	dez-20
Previsão de Vendas	Nova previsão												
	Vendas realizadas												
	Diferença												
Plano de Operações	Produção planejada												
	Produção interna												
	Produção externa												
	Produção real												
	Produção interna												
Pedidos pendentes	Plano												
	Real												
	% Vendas realizadas												
Estoque de PA	Plano												
	Real												
Indicadores de nível de serviço	% OTIF												
	Nº de entregas por pedido												

Fonte: elaborada pelo autor

A segunda parte da planilha do S&OP consiste em um Relatório de Recursos, que tem como objetivo avaliar a capacidade da empresa de atingir os volumes de produção planejados. Segundo Wallace (2001), tal relatório é necessário quando não existe uma correspondência exata entre as famílias de produtos e os recursos produtivos, tornando-se necessário o cálculo da produção demandada de cada recurso individualmente. A partir da comparação da produção demandada com a capacidade do recurso, então, a empresa poderá verificar a viabilidade de cumprir o Plano de Operações definido. A Figura 4.5 exibe o Relatório de Recursos proposto.

Figura 4.5 - Proposta de Relatório de Recursos

		jan-20	fev-20	mar-20	abr-20	mai-20	jun-20	jul-20	ago-20	set-20	out-20	nov-20	dez-20
Corte	Capacidade												
	Produção planejada												
	Taxa de ocupação												
Estampagem	Capacidade												
	Produção planejada												
	Taxa de ocupação												
Bordado	Capacidade												
	Produção planejada												
	Taxa de ocupação												
Sublimação	Capacidade												
	Produção planejada												

Fonte: elaborada pelo autor

4.3.4. Rotina mensal de S&OP

A Tabela 4.14 apresenta as etapas propostas para a rotina de S&OP, a serem realizadas uma vez por mês. Em seguida, serão sugeridos, com maiores detalhes, métodos de execução para as etapas 2 (Planejamento de Demanda) e 3 (Planejamento de Suprimentos).

Destaca-se que a rotina de S&OP proposta não substitui as duas atualmente realizadas pela empresa, já seus objetivos não são os mesmos. Espera-se, porém, que a execução das rotinas atuais seja substancialmente simplificada, já que o processo de S&OP tende a solucionar muitos dos problemas que hoje demandam esforços para serem remediados durante tais rotinas. Por exemplo, espera-se que a participação do presidente e da diretoria nas reuniões semanais de planejamento passe a não ser mais necessária, pois as discussões que requerem sua presença já terão sido realizadas na rotina de S&OP.

Tabela 4.14 - Etapas propostas para o processo de S&OP

	1. Execução de Relatórios	2. Planejamento de Demanda	3. Planejamento de Suprimentos	4. Reunião Pré-S&OP	5. Reunião Executiva de S&OP
Quando	1º e 2º dias úteis do mês	3º e 4º dias úteis do mês	5º e 6º dias úteis do mês	7º dia útil do mês	8º dia útil do mês
Participantes	- TI	- Vendas	- PCP - Compras - Finanças	- Vendas - PCP - Compras - Finanças	- Presidente - Diretores - Vendas - PCP - Compras - Finanças
Objetivos	- Atualização de bases com os dados do mês recém-terminado	- Ajustar a Previsão de Vendas	- Ajustar o Plano de Operações - Atualizar o Relatório de Suprimentos	- Gerar recomendações para a Reunião Executiva de S&OP	- Tomar decisões relativas às famílias de produtos e recursos produtivos
Informações necessárias	- Dados brutos de vendas, volume de produção interna e externa e estoques de MP e PA	- Histórico de vendas atualizado - Perspectivas para os segmentos de mercado e principais clientes - Informações de novas coleções de produtos	- Histórico de produção e estoques atualizado - Previsão de Vendas ajustada - Nível de serviço atingido	- Previsão de Vendas ajustada - Plano de Operações ajustado	- Previsão de Vendas ajustada - Plano de Operações ajustado
Resultados esperados	- Dados históricos (agregados por família de produtos) de volume de vendas, volume de produção interna e externa e estoques de MP e PA - Atualização de indicadores de nível de serviço	- Previsão de Vendas ajustada (para os próximos 12 meses)	- Plano de Operações ajustado - Relatório de Suprimentos atualizado	- Uma recomendação para cada família de produtos - Uma recomendação para cada recurso produtivo - Uma visão financeira atualizada do negócio - Cenários para as áreas de empasse - A pauta da Reunião Executiva de S&OP	- Um plano de ação para cada família de produtos - Um plano de ação para cada recurso produtivo

Fonte: elaborada pelo autor

Etapa 2: Planejamento de Demanda

O Planejamento de Demanda tem como objetivo ajustar a Previsão de Vendas para os próximos 12 meses. Para isso, sugere-se que sejam seguidos três passos:

- i. **Atualização dos dados da planilha do S&OP:** após o recebimento dos dados de vendas do mês recém-terminado, inclui-los na planilha do S&OP nos campos apropriados;
- ii. **Previsão quantitativa de demanda:** a partir de uma equação matemática, calcular a de demanda prevista para os próximos 12 meses. A previsão estatística deve contemplar, ao menos, a sazonalidade (influenciada por datas festivas como Natal e Dia dos Pais, além do calendário dos campeonatos de futebol) e a tendência anual de vendas. Por isso, sugere-se a utilização do Método de Holt-Winters, descrito na Seção 2.8;
- iii. **Ajuste qualitativo da previsão:** a partir de mudanças desencadeadas por novas estratégias internas ou a partir de fatores externos captados pelo Setor de Vendas, alterar a previsão para mais ou para menos. Alguns desses fatores motivadores de alterações são:
 - Desempenho dos clubes de futebol licenciados em campeonatos;
 - Alterações no calendário dos clubes de futebol licenciados;
 - Oscilações na popularidade das marcas;
 - Mudanças nas condições econômicas;
 - Mudanças na dinâmica da indústria
 - Mudanças de comportamento dos grandes clientes;
 - Lançamento de novos produtos;
 - Promoções ou alterações de preços.

Etapa 3: Planejamento de Suprimentos

O Planejamento de Suprimentos tem como objetivo ajustar o Plano de Operações para os próximos 12 meses e atualizar o Relatório de Suprimentos. Para isso, sugere-se que sejam seguidos seis passos:

- i. **Atualização dos dados da planilha do S&OP:** após o recebimento dos dados de do mês recém-terminado, inclui-los na planilha do S&OP nos campos apropriados;

- ii. **Verificação dos indicadores de nível de serviço:** analisar o desempenho atingindo no mês recém-terminado e, caso tenha sido insuficiente, estudar alternativas de melhoria;
- iii. **Ajuste do Plano de Operações:** calcular o volume necessário de produção para cada uma das famílias com base na utilização da Equação 4.1.

$$\text{Volume de produção}_{\text{mês}} = \text{Previsão de Vendas}_{\text{mês}} + \text{Volume em atraso}_{\text{mês}} - \text{Estoque de PA Previsto}_{\text{mês}} \quad (4.1)$$

- iv. **Projeção da produção interna e externa:** dividir o volume de produção em suas componentes interna e externa. Isso pode ser feito a partir de valores históricos da parcela de produtos que exigem fabricação externa devido à falta de *expertise* interna.
- v. **Atualização do Relatório de Recursos:** calcular a produção planejada para cada recurso produtivo e compará-la com a sua capacidade real. Ajustar o Plano de Operações, caso necessário, ou estudar alternativas de incremento da capacidade produtiva;
- vi. **Análise financeira:** verificar disponibilidade de caixa para execução do plano e estudar eventuais necessidades de investimento em aumento de capacidade.

4.3.5. Plano de implementação do S&OP

Baseado nas etapas propostas por Wallace (2001), descritas na Seção 2.7.6, propõe-se um plano de implementação do S&OP na Confecção. Com o objetivo de dar flexibilidade à empresa quanto à data de início do projeto de implementação, esta não foi definida, e as etapas foram dispostas em uma linha do tempo genérica. Cabe destacar, ainda, que algumas das etapas propostas por Wallace (2001) não foram incluídas no plano (como a definição das famílias de produtos e a construção da planilha do S&OP), já que suas funções já foram contempladas no presente trabalho. Caberá à empresa avaliar as ações sugeridas e ajustá-las.

Em primeiro lugar, propõe-se a realização de uma reunião inicial com a alta administração da empresa, com a presença do presidente, dos diretores de Negócios e Produção e dos gerentes de PCP, Vendas, Compras e Finanças. A reunião tem como objetivo transmitir, em termos gerais, o funcionamento do S&OP e os benefícios da sua aplicação. Além disso, nela serão avaliadas as propostas do presente trabalho quanto ao seu funcionamento e realizados os ajustes necessários.

Em seguida, sugere-se a realização de uma reunião de treinamento, com o objetivo de transferir conhecimentos fundamentais sobre o processo de S&OP para todos os futuros participantes do processo. Por isso, faz-se necessária a presença dos funcionários dos setores de Vendas, PCP, Compras e Finanças.

A terceira etapa da implementação consiste em realizar eventuais ajustes na planilha de S&OP proposta (se for identificada a necessidade na reunião inicial), o que pode ser realizado pelo Dono do S&OP.

Após garantir que as diretrizes do processo de S&OP estejam delineadas e que todos os participantes entendam o seu funcionamento, sugere-se a realização de um teste piloto, apenas com duas famílias de produtos. O piloto permitirá a identificação da necessidade de adequações ao processo, sem o ônus da necessidade de retrabalho para 11 famílias de uma só vez. Nos meses seguintes, serão incluídas 3 famílias de cada vez, até que, no sétimo mês, todas as famílias estejam implementadas.

Por fim, sugere-se a automatização da entrada de dados na planilha, de modo a tornar a rotina mensal mais rápida. Essa etapa deve ser executada pelo Setor de TI, com a instrução do Dono do S&OP

A Tabela 4.15 exibe as etapas do projeto de implementação do S&OP na Confeção, incluindo o mês de sua realização.

Tabela 4.15 - Etapas do projeto de implementação do S&OP na Confeção

#	Mês	Etapas da implementação
1	0	Reunião inicial com a gerência sênior
2	0	Reunião de treinamento
3	0	Ajuste da planilha do S&OP proposta
4	1	Início do piloto (2 famílias)
5	2	Acréscimo de 3 famílias no processo
6	3	Acréscimo de 3 famílias no processo
7	4	Acréscimo de 3 famílias no processo
8	5	Automatização da entrada de dados na planilha

Fonte: elaborada pelo autor

5. RESULTADOS ESPERADOS

5.1. IMPACTOS DA REDUÇÃO DOS TEMPOS DE SETUP

Na Seção 4.1 foram propostos meios de redução dos tempos de *setup* dos processos de Bordado, Estampagem e Sublimação, através da aplicação da ferramenta SMED. A Tabela 5.1 apresenta os tempos de *setup* interno no estado atual e após a aplicação do SMED.

Tabela 5.1 - Tempos de *setup* no estado atual e após a aplicação do SMED

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Tempo de <i>setup</i> no estado atual (min)	05:45	35:40	26:30
Tempo de <i>setup</i> após a aplicação do SMED (min)	02:05	26:33	18:02

Fonte: elaborada pelo autor

Assumindo a conservação da quantidade de *setups* por dia útil, é possível estimar os novos valores de ITO dos três processos estudados. A Tabela 5.2 apresenta tais valores.

Tabela 5.2 - ITO no estado atual e após a aplicação do SMED

	Bordado	Estampagem	Sublimação
ITO ₀ (no estado atual)	63%	63%	73%
ITO ₁ (após a aplicação do SMED)	85%	71%	80%
Crescimento (ITO ₁ /ITO ₀ - 1)	35%	13%	10%

Fonte: elaborada pelo autor

Assumindo todo o resto constante, espera-se que o crescimento do ITO reflita em um crescimento igual na capacidade produtiva dos processos em questão. Isso deve-se ao fato de que o crescimento do ITO significa, na prática, um aumento no Tempo de Operação. Desse modo, estima-se os novos valores de capacidade real, exibidos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Valores de capacidade real após a aplicação do SMED

	Bordado	Estampagem	Sublimação
Capacidade real (partes/dia útil)	10.335	3.474	1.391

Fonte: elaborada pelo autor

Assim, é possível recalcular a Tabela 3.9 (taxa de utilização da capacidade) com os novos valores de capacidade real. A Tabela 5.4 exhibe a taxa de ocupação da capacidade recalculada.

Tabela 5.4 - Taxa de utilização da capacidade após a aplicação do SMED

	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Corte	78%	93%	85%	94%	72%
Separação	80%	95%	87%	96%	74%
Estampagem	80%	95%	90%	99%	78%
Bordado	80%	85%	80%	83%	71%
Sublimação	84%	97%	90%	97%	75%
Transferência térmica	50%	54%	53%	51%	44%
Formação de lote	71%	84%	77%	85%	65%
Costura	79%	93%	86%	94%	72%
Acabamento e embalagem	69%	82%	76%	83%	64%

Fonte: elaborada pelo autor

Observa-se que todos os valores seriam menores que 100%, o que indica que a capacidade de produção seria suficiente para absorver a produção demandada em todos os casos. Desse modo, a sobrecarga antes observada nas etapas de estampagem, bordado e sublimação seria eliminada nos meses analisados. Assim, espera-se que os estoques em processo (WIP) e, consequentemente, os tempos de fila excessivos destas etapas diminuam consideravelmente, contribuindo para reduzir de modo substancial o longo *lead time* de produção apontado no diagnóstico inicial da Seção 3.1.

Além disso, as taxas de utilização da capacidade inferiores a 100% indicam que a empresa teria capacidade interna suficiente para fabricar toda a produção demandada no período considerado, sem a necessidade de terceirizar parte do volume total por motivos de falta de disponibilidade interna. Para mensurar o impacto financeiro da iniciativa, então, será calculada a redução de custo que a empresa teria obtido caso tivesse fabricado internamente todos os produtos que foram terceirizados devido à falta de disponibilidade interna.

A Tabela 5.5 apresenta o Custo de Produtos Vendidos (CPV) unitário e o custo unitário de terceirização (incluindo o custo do frete) incorridos pela Confecção em 2019. Verifica-se que a produção interna é 3,27 reais mais barata que a terceirizada, por unidade produzida.

Tabela 5.5 - CPV unitário e custo unitário de terceirização

	Valor (R\$)
CPV unitário	15,23
Custo unitário de terceirização	18,50
Diferença	3,27

Fonte: elaborada pelo autor

Entre agosto e dezembro de 2019, um volume total de 77.188 unidades foi terceirizado devido à falta de disponibilidade interna. Desse modo, a Confecção teria economizado 252.404 reais caso tivesse produzido internamente tal volume.

Por outro lado, a iniciativa prevê a contratação de quatro funcionários (dois por turno), o que resulta em um custo aproximado de 44.800 reais no mesmo período, já considerando férias e encargos. Assim, o impacto financeiro real da iniciativa é uma economia de 207.604 reais no período. A Tabela 5.6 resume os valores obtidos.

Tabela 5.6 - Impacto financeiro da iniciativa (agosto a dezembro de 2019)

	Valor (R\$)
Benefício da iniciativa	252.404
Custo da iniciativa	44.800
Economia gerada	207.604

Fonte: elaborada pelo autor

5.2. IMPACTOS DA APLICAÇÃO DO S&OP

Na Seção 4.3 foi proposta a implantação de um processo de S&OP na Confecção, com o objetivo de melhor administrar a frequente lacuna existente entre demanda e oferta dos produtos da empresa. Mais especificamente, a proposta tem o intuito de solucionar as deficiências de planejamento (no que diz respeito a desequilíbrios entre demanda e oferta), identificadas na Seção 3.4. A Tabela 5.7 exibe tais deficiências e as ações propostas para eliminá-las.

Tabela 5.7 - Ações propostas para eliminar as deficiências de planejamento identificadas

#	Deficiência	Ação proposta
1	Baixo nível de integração entre os setores de Vendas, PCP e Compras.	Inclusão de reuniões mensais entre os setores, com o objetivo de alinhar expectativas e elaborar estratégias conjuntas para os problemas da empresa.
2	Horizonte de planejamento insuficiente.	Extensão do horizonte de planejamento para 12 meses, viabilizando a identificação e solução de problemas de médio e longo prazo.
3	Ausência de controle de indicadores de níveis de serviço.	Acompanhamento mensal dos indicadores % OTIF e nº de entregas por pedido de cada família de produtos e ajuste do Plano de Operações para se atingir a meta.
4	Falta de orientação financeira.	Inclusão do Setor de Finanças no processo de planejamento, com as funções de verificar a disponibilidade de caixa para execução do Plano de Operações e de analisar a viabilidade econômica de investimentos propostos pelos demais setores.
5	Participação da alta gerência em rotinas operacionais.	Participação do presidente e diretores da empresa apenas na Reunião Executiva de S&OP, com o objetivo de revisar as decisões tomadas na Reunião Pré-S&OP e avaliar áreas de empaque.
6	Dispersão dos dados de vendas e produção.	Concentração de todos os dados necessários para a tomada de decisão em uma única planilha.
7	Foco em volumes detalhados.	Utilização de volumes agregados em famílias de produtos para a realização de análises, discussões e tomada de decisões.

Fonte: elaborada pelo autor

Desse modo, o processo de S&OP proposto poderá contribuir para eliminar as deficiências de planejamento identificadas. Com a sua implantação, espera-se que a empresa se torne, no médio e longo prazo, capaz de identificar e gerenciar de forma eficaz problemas decorrentes de desequilíbrios entre a capacidade da fábrica e a produção demandada, como ociosidade, sobrecarga da produção e quedas nos indicadores de nível de serviço. Além disso, o processo possibilitará a elaboração de planos de ação integrados para tratar tais problemas, através da maior aproximação entre os setores participantes.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho consistiu em um projeto de melhoria do desempenho operacional e da efetividade do planejamento de uma indústria de confecção, a partir da identificação dos principais problemas enfrentados pela empresa, do uso de ferramentas específicas para determinar as suas causas e da proposição e aplicação de técnicas para contorná-las.

Por meio de um estudo detalhado de seu processo produtivo e de planejamento, além da realização de entrevistas com a alta gerência, identificou-se que o desempenho operacional e financeiro da empresa é prejudicado de forma considerável pelo alto nível de atrasos de pedidos, pela fragmentação dos pedidos em múltiplas entregas e pela terceirização excessiva da produção. Em seguida, constatou-se que, na realidade, estes são sintomas do fato de a empresa operar com um *lead time* de produção que não é suficientemente curto para assegurar o cumprimento dos prazos combinados com os clientes.

Com o objetivo de reduzir o *lead time* de produção, o trabalho atuou em duas frentes distintas. A primeira teve como objetivo elevar a produtividade dos processos produtivos que apresentam tempos de fila demasiadamente longos, e a segunda buscou atuar sobre deficiências de planejamento que impedem que a empresa fomente ações para evitar a escalada do *lead time*.

A partir do mapeamento de fluxo de valor da empresa, verificou-se que os tempos em fila antes das etapas produtivas de bordado, estampagem e sublimação são responsáveis por parcelas significativas do *lead time* de produção. Os longos tempos em fila, por sua vez, podem ser explicados pelo fato de que a produção demandada de tais etapas supera sistematicamente a sua capacidade produtiva, sobrecarregando-as. Por meio do uso de ferramentas como o OEE e Diagramas de Pareto, identificou-se que as perdas de disponibilidade por paradas são a principal fonte de queda de eficiência das três etapas, e que a longa duração de seus *setups* é a causa de tamanhas perdas.

Com o objetivo de reduzir a duração dos *setups* de bordado, estampagem e sublimação, aplicou-se a ferramenta SMED. Com ela, foi possível reduzir os tempos de *setup* em 64%, 26% e 32%, respectivamente. Assim, a capacidade produtiva dos três setores cresceu em 35%, 13% e 10%. Desse modo, a sobrecarga identificada nos meses analisados poderia ser eliminada. Com isso, espera-se que os tempos em fila sejam substancialmente reduzidos e que, conseqüentemente, o *lead time* de produção diminua de forma considerável. Além disso, verificou-se que fabricação interna de volumes antes terceirizados (por conta da falta de disponibilidade interna) traria ganhos econômicos de R\$ 207.604 no período analisado.

Na segunda frente de trabalho, verificou-se que deficiências de planejamento impedem que a empresa administre com eficácia as frequentes lacunas existentes entre a produção demandada e a capacidade produtiva, que geram oscilações no *lead time*. Com o objetivo de tornar mais robusto o processo de planejamento da empresa, foi proposta a aplicação da metodologia S&OP, incluindo um detalhamento da rotina de planejamento sugerida e um plano de implementação. Além disso, verificou-se que o S&OP mostra-se capaz de solucionar grande parte das deficiências identificadas, possibilitando que, no futuro, a empresa possa manter o *lead time* em níveis adequados a partir da maior capacidade de identificar novos problemas e de elaborar planos de ação integrados para contorná-los.

Desse modo, constata-se que o emprego de um olhar multidisciplinar e a aplicação de ferramentas diversas permitiram a busca por soluções eficazes para os problemas enfrentados pela empresa no curto e longo prazo. Assim, espera-se que o trabalho gere benefícios duradouros para a empresa, tanto do ponto de vista operacional, quanto financeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais: Uma Introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. **Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) - an integrated approach to assess systems performance**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 20, n. 1, pp. 8-29, 2009. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380910925389>
- BUSSO, C.M.; MIYAKE, D.I. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica**. Produção, v. 23, n. 2, pp. 205-225, abr. /jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>
- COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**, São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- HYNDMAN, R.J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice, 2nd edition**. Melbourne, Australia: OTexts, 2018.
- LIKER, J. K. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. New York: McGraw-Hill, 2004.
- NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance - TPM**. Cambridge: Productivity Press, 1989.
- NACHIAPPAN, R. M.; ANANTHARAMAN, N. **Evaluation of Overall Line Effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system**. Journal of Manufacturing Technology, v. 17, n. 7, p. 987-1008, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380610688278>
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. São Paulo: Bookman, 1997.
- ROTHER, M. & SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício: manual de uma ferramenta enxuta**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.
- SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System** - English translation. Tokyo: Japan Management Association, 1985.
- WALLACE, T. F. **Planejamento de vendas e operações: guia prático**. São Paulo: IMAM, 2002.

WINSTON, W. L. **Operations Research: Applications and Algorithms.** Belmont: Books/Cole, 2004.

8. APÊNDICES

8.1. APÊNDICE 1: MEDIDAS DE TEMPOS DE CICLO E TEMPOS DE SETUP

Tabela 8.1 - Medidas de tempos de ciclo

	1	2	3	4	5	6	7	8
Corte	104	102	84	99	124	103	105	
Separação	10	12	10	9	8	10	10	
Estampagem	103	102	128	108	101			
Bordado	458	448	437	426	429			
Sublimação	55	58	52	54	58			
Transferência térmica	15	18	16	21	19	17	20	
Formação de lote	13	16	15	20	16	15	16	15
Costura	60	52	58	61	49	62		
Acabamento e embalagem	46	48	55	56	47	46		

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 8.2 - Medidas de tempos de *setup*

	1	2	3	4	5	6	7	8
Corte	17:17	14:13	16:03	15:14	16:48			
Separação	03:36	04:24	04:48	04:07	03:48	04:30		
Estampagem	33:51	38:41	34:34	36:07	37:48			
Bordado	06:07	05:41	05:38	05:24	05:55			
Sublimação	25:12	29:06	27:25	28:18	25:55			
Transferência térmica	03:26	04:11	04:34	03:55	03:37	03:58		
Formação de lote	06:00	05:09	04:30	05:30	04:45	05:43		
Costura	08:28	09:43	08:38	09:02	09:27			
Acabamento e embalagem	03:36	04:24	04:48	04:07	03:48	04:21		

Fonte: elaborada pelo autor

8.2. APÊNDICE 2: MEDIDAS DE TEMPO DAS OPERAÇÕES DE SETUPS

Tabela 8.3 - Medidas de tempo das operações de *setup* de bordado

#	Operação	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Fixação do tecido no suporte circular	03:28	03:58	03:13	04:13	04:28	04:01		
2	Parada da máquina	00:06	00:06	00:07	00:05	00:06	00:05		
3	Remoção de partes finalizadas da máquina	01:53	01:49	01:38	02:00	01:49			
4	Transporte de partes finalizadas para mesa de acabamento	00:19	00:18	00:12	00:19	00:18	00:17	00:17	00:18
5	Posicionamento de tecidos com suporte na base da máquina	01:23	01:34	01:17	01:40	01:46	01:36		
6	Fixação de suporte circular na máquina	01:53	01:48	02:11	01:37	01:57	01:57		
7	Início da máquina	00:05	00:05	00:05	00:06	00:05			

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 8.4 - Medidas de tempo das operações de *setup* de sublimação

#	Operação	1	2	3	4	5	6
1	Parada da máquina	00:14	00:13	00:16	00:13	00:14	
2	Retirada do rolo de papel utilizado da máquina	02:09	01:56	01:44	02:04	02:17	
3	Identificação do novo rolo de papel a ser utilizado	02:21	02:08	02:32	02:17	02:48	02:17
4	Transporte do novo rolo de papel	00:24	00:21	00:19	00:23	00:21	
5	Inserção do rolo de papel	02:42	02:36	02:54	02:20	02:48	
6	Alinhamento do rolo de papel	04:05	04:40	03:48	04:58	05:15	04:50
7	Transporte do tecido finalizado	00:58	00:52	00:47	01:02	00:56	
8	Identificação de tecido a ser processado	03:09	02:39	03:22	02:51	02:56	
9	Transporte do tecido a ser processado	00:55	00:50	01:06	00:54	01:00	00:54
10	Ajuste do papel pardo	04:51	03:59	05:05	05:27	04:28	04:51
11	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:27	05:18	04:46	04:18	04:01	04:39

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 8.5 - Medidas de tempo das operações de *setup* de estampagem

#	Operação	1	2	3	4	5	6	7
1	Identificação do tecido a ser processado	03:17	02:41	03:26	03:40	03:01	03:20	
2	Transporte do tecido a ser processado	00:59	00:54	01:09	01:04	00:57		
3	Parada da máquina	00:18	00:14	00:16	00:13	00:17	00:13	00:15
4	Remoção das telas utilizadas da máquina	02:17	02:12	02:29	01:58	02:22		
5	Transporte das telas utilizadas para o tanque	00:15	00:13	00:13	00:16	00:14		
6	Lavagem e raspagem das telas utilizadas	09:01	07:24	09:26	10:07	08:18	08:39	
7	Transporte e armazenagem de telas utilizadas	01:13	01:08	01:15	01:29	01:21	01:19	
8	Limpeza e/ou raspagem das placas de apoio	09:08	10:27	08:29	11:06	11:45	10:35	
9	Aplicação de talco e cola nas placas de apoio	02:41	02:35	03:07	02:19	02:47	03:20	02:42
10	Identificação de novas telas no depósito	02:33	02:18	02:28	02:43	02:03		
11	Transporte de telas para a máquina	00:13	00:12	00:15	00:13	00:14		
12	Encaixe de telas na máquina	02:30	02:16	02:59	02:41	02:25	02:22	
13	Identificação de tinta no depósito	01:45	01:41	01:55	01:33	01:50		
14	Transporte de tinta para a máquina	00:14	00:13	00:15	00:12	00:14		
15	Aplicação de tinta nas telas	01:09	01:16	01:21	01:13	01:01		
16	Alinhamento de telas	05:28	04:29	06:08	05:02	05:43	05:30	
17	Início da máquina	00:14	00:13	00:16	00:15	00:13		
18	Teste completo com retalhos e ajustes	07:41	06:24	08:55	06:37	07:58	08:10	07:37
19	Aguardar inspeção do Controle de Qualidade	04:39	04:12	03:45	04:57	04:30		

Fonte: elaborada pelo autor