

ANGELA GUTIERREZ MARCOTTI

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE EM PROCESSO
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

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

São Paulo

2006

ANGELA GUTIERREZ MARCOTTI

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE EM PROCESSO
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

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

Orientador:
Prof. Dario Ikuo Miyake

São Paulo

2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Marcotti, Angela Gutierrez

**Aumento de produtividade em processo de indústria têxtil /
A.G. Marcotti. -- São Paulo, 2006.**

p-

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

**1.Produtividade 2.Técnicas de gerenciamento de operações
industriais 3.Indústria têxtil I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Produção II.t.**

Dedico este trabalho a meus pais, Paulo e Celeste, e as minhas avós,
Neusa e Carolina, pelo carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dario Ikuo Miyake pela orientação, dedicação e contribuição a este trabalho.

A minha família, a Alessandro e a meus amigos por todo o apoio e estímulo dados durante este último ano de estudo e amizade.

A meus colegas de trabalho, pelo aprendizado proporcionado, pelas grandes idéias e pela contribuição direta ou indireta a este projeto.

RESUMO

O presente trabalho aborda o tema de aumento de produtividade e propõe ações de redução de perdas, mais especificamente, na transformação de materiais e em disponibilidade de capacidade de equipamento, para a obtenção de melhor aproveitamento de recursos em um processo de uma indústria têxtil.

Inicialmente, é feita uma análise da situação atual do processo a ser estudado buscando as perdas existentes. Em seguida, é realizada uma análise específica sobre perdas na transformação de materiais e na disponibilidade de capacidade de equipamento.

Finalmente, são desenvolvidas ações de redução do tempo de *set-up* interno em teares com a aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) de Shingo (1985) e a ação de reprogramação de um parâmetro de máquinas fornecedoras de matéria-prima para a tecelagem, propostas que visam à busca de aumento de produtividade.

ABSTRACT

This paper presents the theme of productivity improvement and provides solutions to reduce losses, especially set-up and adjustment losses and material losses, in order to improve resource productivity in a textile industry process.

First, the actual situation is examined to identify the greatest losses. Then, the effectiveness of equipments is analyzed and material losses are estimated and examined.

Finally, solutions to increase equipment capacity are provided based on techniques for quick changeovers between products developed by Shingo (1985) in the method SMED (Single Minute Exchange of Die) and an action of reprogramming the machines that supply weavers with material is suggested.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – ORGANOGRAMA GERAL DA ORGANIZAÇÃO	17
FIGURA 2 – APLICAÇÕES DE PRODUTOS DA UNIDADE FIOS INDUSTRIAIS (FOTOS EXTRAÍDAS DO <i>SITE</i> DA EMPRESA)	18
FIGURA 3 – CASCOS COM FIO AMORFO (FONTE INTERNA).....	19
FIGURA 4 – COP (OU TBA) COM FIO SINGELO (FONTE INTERNA).....	20
FIGURA 5 – BOBINA OU TBP COM FIO SINGELO (FONTE INTERNA)	20
FIGURA 6 – CARRETEL COM FIO PRÉ-TORCIDO (FONTE INTERNA).....	21
FIGURA 7 – CARRETEL COM CORDONEL (FONTE INTERNA).....	21
FIGURA 8 – BOBINA OU TBP COM CORDONEL (FONTE INTERNA)	22
FIGURA 9 – EXEMPLO DE UM TEAR E SUA CANTRE (FOTO ADAPTADA DO <i>SITE</i> WWW.PICANOL.BE).....	22
FIGURA 10 – DIAGRAMA DO FLUXO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TELA PARA PNEU	24
FIGURA 11 – ESQUEMA DE UM SISTEMA FÍSICO DE PRODUÇÃO (FONTE: MUSCAT (1987)).....	30
FIGURA 12 – ESQUEMA DE UM SISTEMA ECONÔMICO DE PRODUÇÃO (FONTE: MUSCAT (1987))	32
FIGURA 13 – COMPONENTES DE DECOMPOSIÇÃO DO INDICADOR $P_{EQUIPAMENTOS}$ (FIGURA ADAPTADA DE MUSCAT (1987)).....	33
FIGURA 14 – COMPONENTES DE DECOMPOSIÇÃO DO INDICADOR $P_{MÃODEOBRA}$ (FIGURA ADAPTADA DE MUSCAT (1987)).....	34
FIGURA 15 – COMPONENTES DE DECOMPOSIÇÃO DO INDICADOR $P_{MATERIAIS}$ (FIGURA ADAPTADA DE MUSCAT (1987)).....	35
FIGURA 16 – RELAÇÃO ENTRE OEE E AS SETE GRANDES PERDAS (FONTE FORD MOTOR COMPANY, 1995 APUD RAMA 1996, P.31).....	38
FIGURA 17 – COMPONENTES DE DECOMPOSIÇÃO DO INDICADOR OEE (FIGURA ADAPTADA DE FRANCISCHINI, 2005B)	40
FIGURA 18 – EXEMPLO DE GRÁFICO DE PRODUÇÃO SEMI-CONTÍNUA PELO TEMPO (ADAPTADO DE FONTE INTERNA).....	42
FIGURA 19 - ESQUEMA COM ETAPAS DA METODOLOGIA SMED (ADAPTADO DE THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 1996)	46
FIGURA 20 – BOBINAS EM UMA GAIOLA DE CANTRE MÓVEL (ADAPTADA DE FOTO DO <i>SITE</i> HTTP://WWW.BTMA.ORG.UK/MEMBERS_LISTINGS/TEKIMP.HTM).....	48
FIGURA 21 – CONSTRUÇÃO DO TECIDO (FONTE INTERNA)	49

FIGURA 22 – ESQUEMA DO SISTEMA FÍSICO DE PRODUÇÃO DA TECELAGEM EM TEARES D	50
FIGURA 23 – ESQUEMA DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES INCLUSAS NA CLASSIFICAÇÃO "T3"	56
FIGURA 24 - DIFERENÇA ENTRE COMPRIMENTOS DE FIO DE BOBINAS NA CANTRE.....	57
FIGURA 25 – VARIAÇÃO DE METRAGEM ENTRE BOBINAS	57
FIGURA 26 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO.....	65
FIGURA 27 – ESQUEMA DE VISTA LATERAL DO TEAR EQUIPADO COM CANTRE (ADAPTADO DE FIGURA DE FONTE INTERNA).....	66
FIGURA 28 – FIOS EM UM PENTE DE TEAR (FONTE <i>SITE WWW.PICANOL.BE</i>).....	67
FIGURA 29 – ESQUEMA DA VISTA SUPERIOR DO TEAR EQUIPADO COM CANTRE.....	67
FIGURA 30 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM DIMINUIÇÃO DE FIOS (CONTINUA)	68
FIGURA 31 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM DIMINUIÇÃO DE FIOS (CONTINUAÇÃO).....	69
FIGURA 32 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM DIMINUIÇÃO DE FIOS (CONCLUSÃO).....	71
FIGURA 33 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS (CONTINUA)	73
FIGURA 34 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS (CONTINUAÇÃO).....	75
FIGURA 35 – ESQUEMA DO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS (CONCLUSÃO)	77
FIGURA 36 – TIPOS DE GRÁFICOS DE ATIVIDADES (MIYAKE [19--]).....	80
FIGURA 37 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO ATUAL PROCESSO DE <i>SET-UP</i> INTERNO NA TROCA COM AUMENTO DE FIOS (CONTINUA).....	81
FIGURA 38 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO ATUAL PROCESSO DE <i>SET-UP</i> INTERNO NA TROCA COM AUMENTO DE FIOS (CONTINUAÇÃO).....	82
FIGURA 39 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO ATUAL PROCESSO DE <i>SET-UP</i> INTERNO NA TROCA COM AUMENTO DE FIOS (CONCLUSÃO).....	83
FIGURA 40 – ORIFÍCIO PARA A ATIVIDADE 3.2 – PASSAR FIOS NAS POSIÇÕES.....	86
FIGURA 41 – "PENTINHOS" , DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA ETAPA 7.....	86
FIGURA 42 – ESQUEMA DO POSICIONAMENTO DE OPERADORES NA REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES NO TEAR	88
FIGURA 43 – ESQUEMA DO <i>LAYOUT</i> DA FÁBRICA COM <i>PALLETS</i> DE BOBINAS POSICIONADOS PRÓXIMOS AOS TEARES	91

FIGURA 44 – FIOS QUE SOBRAM NO TEAR APÓS TROCA DE ARTIGO COM DIMINUIÇÃO DE FIOS.....	95
FIGURA 45 – DISPOSIÇÃO DE FIOS LATERAIS NO TEAR NO PROCESSO ATUAL.....	95
FIGURA 46 – FIOS QUE SOBRAM NO TEAR APÓS TROCA DE ARTIGO COM DIMINUIÇÃO DE FIOS DENTRO DE CAPA	96
FIGURA 47 - ESQUEMA DE DISPOSIÇÃO DE FIOS LATERAIS DENTRO DE CAPA.....	96
FIGURA 48 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO PROCESSO DE <i>SET-UP</i> INTERNO NA TROCA COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA (CONTINUA)	98
FIGURA 49 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO PROCESSO DE <i>SET-UP</i> INTERNO NA TROCA COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA (CONCLUSÃO)	99
FIGURA 50 – DIAGRAMA FTA.....	110
FIGURA 51 – DIAGRAMA FTA PARA O PROBLEMA DE FINAL DE CARGA NÃO HOMOGÊNIO	111
FIGURA 52 - <i>Boxplot</i> DA METRAGEM DE MÁQUINAS NO PROCESSO ATUAL.....	115
FIGURA 53 - INTERVALOS DE CONFIANÇA PARA A VARIÂNCIA DE METRAGEM DAS MÁQUINAS.....	116
FIGURA 54 – SIMULAÇÃO DE MELHORIA - <i>Boxplot</i> DE METRAGEM DE MÁQUINAS.....	118
FIGURA 55 – SIMULAÇÃO DE MELHORIA – <i>HISTOGRAMA</i> DE METRAGEM DE MÁQUINAS	119
FIGURA 56 – ESQUEMA DE PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA (CONTINUA).....	124
FIGURA 57 – ESQUEMA DE PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA (CONTINUAÇÃO).....	125
FIGURA 58 – ESQUEMA DE PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA (CONCLUSÃO).....	126
FIGURA 59 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – PROCESSO ATUAL (CONTINUA).....	127
FIGURA 60 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – PROCESSO ATUAL (CONTINUAÇÃO).....	128
FIGURA 61 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – PROCESSO ATUAL (CONTINUAÇÃO).....	129
FIGURA 62 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – PROCESSO ATUAL (CONCLUSÃO).....	130
FIGURA 63 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – APÓS MELHORIA (CONTINUA).....	131
FIGURA 64 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – APÓS MELHORIA (CONTINUAÇÃO).....	132

FIGURA 65 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA DE MÉDIA COMPLEXIDADE – APÓS MELHORIA (CONCLUSÃO).....	133
FIGURA 66 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – PROCESSO ATUAL (CONTINUA).....	134
FIGURA 67 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – PROCESSO ATUAL (CONTINUAÇÃO).....	135
FIGURA 68 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – PROCESSO ATUAL (CONTINUAÇÃO).....	136
FIGURA 69 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – PROCESSO ATUAL (CONTINUAÇÃO).....	137
FIGURA 70 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – PROCESSO ATUAL (CONCLUSÃO).....	138
FIGURA 71 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – APÓS MELHORIA (CONTINUA).....	139
FIGURA 72 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – APÓS MELHORIA (CONTINUAÇÃO).....	140
FIGURA 73 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – APÓS MELHORIA (CONTINUAÇÃO).....	141
FIGURA 74 – GRÁFICO DE ATIVIDADES MÚLTIPLAS DO <i>SET-UP</i> INTERNO DE UMA TROCA MAIS COMPLEXA – APÓS MELHORIA (CONCLUSÃO).....	142
FIGURA 75 – TESTE DE NORMALIDADE DA METRAGEM DAS BOBINAS DAS MÁQUINAS 6 E 7	143
FIGURA 76 – TESTE DE NORMALIDADE DA METRAGEM DAS BOBINAS DAS MÁQUINAS 8 E 9	144
FIGURA 77 – TESTE DE NORMALIDADE DA METRAGEM DAS BOBINAS DA MÁQUINA 10.....	144

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – GRÁFICO DE PARETO DE TOTAL DE HORAS PARADAS POR CLASSIFICAÇÃO "T" NO TEAR D154	
GRÁFICO 2 – GRÁFICO DE PARETO DE TOTAL DE HORAS PARADAS POR CLASSIFICAÇÃO "T" NOS TEARES D2, D3 E D4.....	55
GRÁFICO 3 – GRÁFICO DE PARETO DE TOTAL DE HORAS PARADAS POR CÓDIGO DE PARADA DO TEAR D158	
GRÁFICO 4 – GRÁFICO DE PARETO DE TOTAL DE HORAS PARADAS POR CÓDIGO DE PARADA DOS TEARES D2, D3 E D4.....	59
GRÁFICO 5 – GRÁFICO DE PARETO DOS TEMPOS DE ATIVIDADES OBSERVADAS NO PROCESSO ATUAL DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS.....	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – FAMÍLIAS E TIPOS DE PERDAS (ADAPTADA DE MANUAL[...] (2006))	39
TABELA 2 – PASSOS EM PROCESSOS DE <i>SET-UP</i> (SHINGO, 1990, P.29).....	44
TABELA 3 - CÓDIGOS DE PARADAS DOCUMENTADAS NA TECELAGEM	53
TABELA 4 – ATIVIDADES DA TROCA DE ARTIGO	85
TABELA 5 – SEPARAÇÃO DE ATIVIDADES DO ATUAL PROCESSO DE <i>SET-UP</i> EM INTERNAS E EXTERNAS	90
TABELA 6 – ESTIMAÇÃO DO TEMPO TOTAL DAS ATIVIDADES DE <i>SET-UP</i> INTERNO	102
TABELA 7 - RESUMO DE ESTATÍSTICAS DA METRAGEM DAS AMOSTRAS RETIRADAS.....	114
TABELA 8 – DELTAS A SEREM APLICADOS NA METRAGEM PROGRAMADA DAS MÁQUINAS.....	118

SUMÁRIO

Lista de Ilustrações

Lista de Gráficos

Lista de Tabelas

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	17
1.1.1	<i>Gama de produtos.....</i>	<i>18</i>
1.1.2	<i>Processo produtivo da tela para pneu.....</i>	<i>18</i>
1.2	ESTÁGIO	25
1.3	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	25
1.4	OBJETIVO DO TRABALHO	27
2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	28
2.1	TPM (<i>TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE</i>).....	28
2.1.1	<i>Definição de TPM.....</i>	<i>29</i>
2.2	PRODUTIVIDADE DE UM SISTEMA PRODUTIVO	30
2.3	OEE (<i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i>)	36
2.3.1	<i>As grandes perdas.....</i>	<i>36</i>
2.3.2	<i>Cálculo do OEE.....</i>	<i>39</i>
2.4	SMED (<i>SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE</i>).....	43
2.4.1	<i>Passos básicos em processos de set-up</i>	<i>44</i>
2.4.2	<i>Etapas conceituais da aplicação da metodologia SMED.....</i>	<i>44</i>
3	ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL.....	47
3.1	DESCRIÇÃO GERAL DA TECELAGEM	47
3.1.1	<i>Equipamentos</i>	<i>47</i>
3.1.2	<i>Artigos produzidos</i>	<i>48</i>
3.1.3	<i>Organização do trabalho.....</i>	<i>49</i>

3.2	PRODUTIVIDADE DO PROCESSO ATUAL	50
3.2.1	<i>Cálculo atual do OEE</i>	51
3.2.2	<i>Perdas do processo atual em termos de aproveitamento da capacidade de equipamentos</i>	52
3.2.3	<i>Perdas do processo atual em termos de transformação de materiais</i>	61
3.3	ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS	62
4	REDUÇÃO DE PERDAS POR SET-UP	64
4.1	PRÉ-ESTUDO DO PROCESSO ATUAL DE SET-UP	64
4.2	OBSERVAÇÃO DO PROCESSO ATUAL DE SET-UP	78
4.2.1	<i>Gráfico de atividades múltiplas</i>	79
4.2.2	<i>Análise das atividades observadas</i>	87
4.3	SEPARAÇÃO: SET-UP INTERNO X SET-UP EXTERNO	89
4.3.1	<i>Processo atual em termos de separação de set-up interno e externo</i>	90
4.3.2	<i>Discussão de alternativas de melhoria</i>	92
4.4	TRANSFORMAÇÃO DE SET-UP INTERNO EM EXTERNO	94
4.4.1	<i>Discussão de alternativas de melhoria</i>	94
4.4.2	<i>Ganhos potenciais com alternativa de melhoria</i>	97
4.5	MELHORIAS EM SET-UP INTERNO E EXTERNO.....	104
4.5.1	<i>Processo atual em termos de set-up interno e externo</i>	105
4.5.2	<i>Discussão de alternativas de melhorias</i>	106
5	REDUÇÃO DE PERDAS NO APROVEITAMENTO DE MATERIAIS.....	107
5.1	ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL DE PRODUÇÃO E TRATAMENTO DE MATERIAIS.....	107
5.1.1	<i>Possíveis causas do problema</i>	108
5.1.2	<i>Dispersão de metragem das bobinas no processo atual</i>	112
5.2	DISCUSSÃO DE ALTERNATIVAS DE MELHORIAS.....	117
6	CONCLUSÃO.....	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

Apêndice A - Esquema de processo de troca de artigo com aumento de fios após melhoria

Apêndice B – Simulação de set-up interno em caso de complexidade média

Apêndice C - Simulação de set-up interno em caso mais complexo

Apêndice D – Testes de normalidade de metragem de bobinas

1 INTRODUÇÃO

A busca por maior produtividade é foco de ações de organizações desde a época da Revolução Industrial com a mudança dos paradigmas de produção, passando-se do sistema de produção artesanal à produção em massa. Nos últimos anos, com o advento de uma economia globalizada, aumentar a produtividade de seus processos produtivos tornou-se ainda mais importante para as organizações, fosse para enfrentar um acirramento na competição de mercado, fosse para aproveitar melhor os recursos utilizados na geração de bens e serviços (MUSCAT, (1987)).

Pretende-se no presente trabalho abordar o tema de aumento de produtividade e propor soluções de redução de perdas, mais especificamente de material e disponibilidade de capacidade de equipamento, para a obtenção de melhor aproveitamento de recursos em um processo de uma indústria têxtil.

O trabalho a seguir está organizado da seguinte forma: no capítulo 1 são apresentados a organização em que foi realizado o estudo, as funções da autora como estagiária desta organização, o problema a ser tratado e o objetivo deste trabalho; o capítulo 2 é dedicado a uma pesquisa bibliográfica dos temas abordados no trabalho; no capítulo 3, é feita uma análise inicial da situação atual do processo a ser estudado buscando as perdas existentes; o capítulo 4 analisa e propõe soluções de melhoria para perdas na disponibilidade de capacidade de equipamento e o capítulo 5 trata de perdas na transformação de material; finalmente, o capítulo 6 conclui o trabalho, resumindo resultados esperados de aumento de produtividade com as propostas elaboradas nos capítulos 4 e 5.

1.1 Descrição da organização

O presente trabalho foi realizado numa empresa do setor têxtil de um grupo transnacional, que, por razões de confidencialidade, será chamada apenas de EMPRESA, numa unidade de negócio específica: a Fios Industriais, que produz tecidos com fios de poliamida (comumente conhecida como “Nylon”) com alta e baixa tenacidades e fibras de poliamida.

A unidade de negócios em questão é administrada pelo vice presidente da empresa e a média gerência está dividida entre os gerentes comercial, industrial e de qualidade e de pesquisa e desenvolvimento, como mostra a Figura 1.

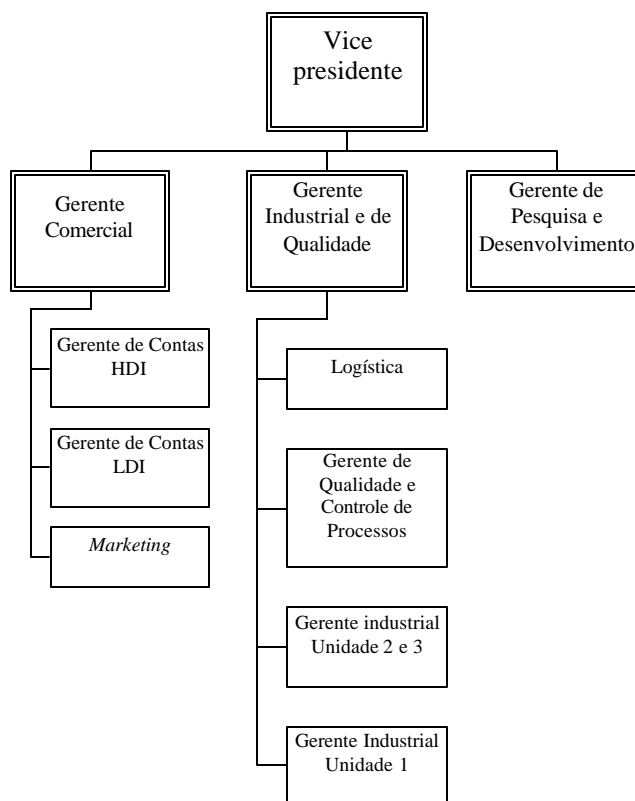


Figura 1 – Organograma geral da organização

Para outros níveis de gerência existem as divisões dedicadas a produtos HDI, sigla que designa produtos com fios de poliamida de alta tenacidade, e LDI, fios de poliamida de baixa tenacidade

e fibras de poliamida. Além das divisões administrativas por tipo de produto, há também divisões da gerência em razão de se ter diferentes unidades produtivas, as unidades 1, 2A, 2B e 3.

1.1.1 Gama de produtos

O tecido produzido com fios de alta tenacidade tem aplicação na indústria automotiva na forma de tela de sustentação mecânica de pneus, representando 60% da produção e tendo a maior exigência em qualidade de toda unidade de negócio. Quando desclassificados dessa aplicação os fios que foram produzidos com esse fim podem ser destinados a outros clientes como fabricantes de correias transportadoras, cordas, cabos navais e redes de pesca.

Presentes na mesma unidade de negócio, mas com diferentes processos e em diferentes plantas, são fabricados também fios de baixa tenacidade, destinados a fabricantes de linhas de costura, e fibras, matéria prima de carpetes, esponjas, etc.

A Figura 2 mostra aplicações da gama de produtos da empresa.



Figura 2 – Aplicações de produtos da unidade Fios Industriais (fotos extraídas do *site* da empresa)

1.1.2 Processo produtivo da tela para pneu

Devido às particularidades do processo produtivo e ao vocabulário específico utilizado na indústria têxtil, para se delimitar o escopo e o contexto do presente trabalho e definir o problema,

objeto de estudo do mesmo, faz-se necessária antes a apresentação de uma visão global do processo produtivo de tela para pneu, foco deste trabalho.

As etapas deste processo de fabricação, que são explicadas adiante, podem também ser visualizadas na Figura 10 – Diagrama do fluxo do processo de produção de tela para pneu.

- ? Polimerização: Trata-se do processo químico de preparação do polímero poliamida 6.6, matéria prima do fio;
- ? Granulação: Uma pequena parte do polímero é granulada para manter o equilíbrio das propriedades na saída da polimerização;
- ? Fiação (equipamento antigo): Após a polimerização, a massa de poliamida ou os grânulos de polímero fundidos passam por fieiras de cavidades bastante diminutas em um processo semelhante ao da extrusão, resultando na saída de filamentos de poliamida. Os filamentos reunidos formam o fio amorfo, cujas fibras ainda não estão orientadas. Ao final da fiação na máquina, o fio amorfo é enrolado em suportes chamados “cascos”, mostrados na Figura 3. Esses cascos com fio são transportados em uma estrutura suspensa chamada “balancéis”;



Figura 3 – Cascos com fio amorfo (fonte interna)

- ? Estiragem: Processo de alongamento e aquecimento do fio através de cilindros de diferentes velocidades e fornos que lhe dão as devidas propriedades mecânicas. Ao final deste processo, o fio estirado (chamado de fio singelo) é enrolado em “cop’s” (tubos de aço – TBA), como o da Figura 4, que são transportados em carrinhos chamados gaiolas;



Figura 4 – Cop (ou TBA) com fio singelo (fonte interna)

- ? Fiação (equipamento novo): Em um equipamento mais moderno que a empresa possui, as fases de fiação e estiragem são reunidas com ganhos de velocidade, qualidade final do fio e eliminação do transporte de cascos da área de fiação à estiragem. Neste equipamento o fio singelo é enrolado em tubetes de papelão (TBP). Chamam-se genericamente de bobinas esses tubetes com fios (ver Figura 5);



Figura 5 – Bobina ou TBP com fio singelo (fonte interna)

Nas etapas de fiação e estiragem, ocorre a primeira diferenciação na saída do processo: o título¹ e o número de filamentos do fio.

- ? Repassagem: As máquinas repassadeiras passam o fio singelo enrolado em cop's para tubetes de papelão (TBP), como o da Figura 5;

¹ Parâmetro de diferenciação do fio na indústria têxtil, cuja unidade pode ser em Dtex: título [Dtex] = massa do fio [g] / 10 000 [m].

- ? Pré-torção: Processo responsável por dar leve torção no fio, aumentando sua resistência. O fio pré-torcido é enrolado em um carretel (ver Figura 6);



Figura 6 – Carretel com fio pré-torcido (fonte interna)

- ? Torção: Realiza a torção de dois fios pré-torcidos formando um cabo, também chamado de cordonel, que é enrolado em carretéis (ver Figura 7);



Figura 7 – Carretel com cordonel (fonte interna)

- ? Cableadora: Em um equipamento mais moderno na empresa, as fases de pré-torção e torção são reunidas com ganhos de velocidade, qualidade final do fio, eliminação do transporte interno de carretéis na área das torcedeiras e escala – já que uma bobina produzida nesta máquina tem uma quantidade muito maior de fio que um carretel. Chamadas de cableadoras, estas máquinas recebem as bobinas de fio singelo e, com algumas restrições, cop's também. A Figura 8 mostra uma bobina produzida na cableadora;



Figura 8 – Bobina ou TBP com cordonel (fonte interna)

- ? Tecelagem: Os carretéis ou as bobinas de cordonel são colocados em suportes (chamados de “gaiolas” ou “cantre”) dos teares, que tecem o rolo de tela para pneu. A disposição dos equipamentos de tecelagem pode ser visualizada na Figura 9.

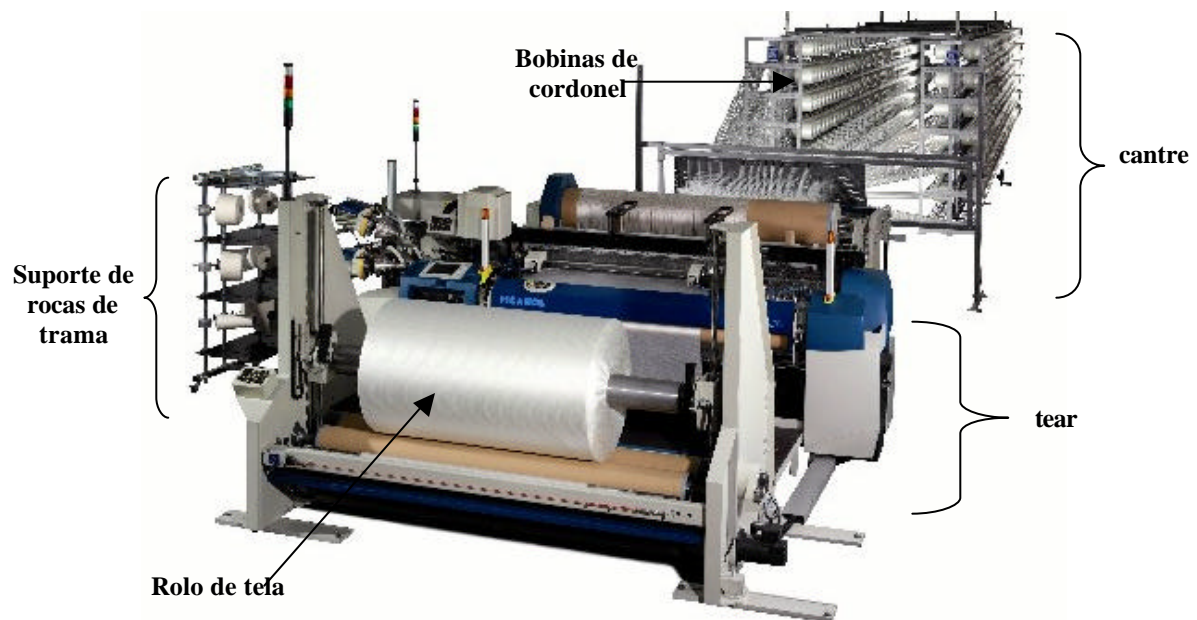


Figura 9 – Exemplo de um tear e sua cantre (foto adaptada do *site* www.picanol.be)

Os teares variam conforme sua produtividade. Por razões de confidencialidade, os nomes dos fabricantes dos equipamentos utilizados pela empresa foram codificados como D, S e P, sendo os teares da marca D os mais produtivos, seguidos dos teares das marcas S e P. Para alguns clientes,

que ainda fazem eles mesmos a etapa posterior do processo, a “dippagem”, os rolos de tela “crua”, isto é, sem “dippagem”, embalados já podem ser armazenados e vendidos.

- ? Dipping: Para aderir à borracha do pneu, a tela de fios de poliamida deve receber uma solução especial de látex através do processo de “dippagem”, composto por banhos desta solução intermediados por fornos e cilindros de estiragem da tela;

- ? Ensaio de qualidade com amostras: O controle de qualidade do produto analisa amostras de fio singelo retiradas da fiação e pedaços de tecido dos rolos de tela retirados dos teares e do *dipping*.

Na Figura 10, um diagrama de fluxo de processo resume as etapas explicadas anteriormente.

Segundo Slack et al. (1996, Apêndice 3):

“Há três tipos de diagramas de processo – diagramas de processo globais, diagramas de fluxo de processo e diagramas de processo de duas mãos. (...) Os diagramas de processo podem ser aplicados para o fluxo de materiais ou informações através de um trabalho ou, alternativamente, podem ser usados para esquematizar a seqüência de atividades feitas pela pessoa”.

O diagrama de fluxo de processo foi escolhido para representar o processo de produção de pneus pelo fato de explicitar etapas de transporte, armazenagem e inspeção, que não são identificados em um diagrama de processo global. O intuito aqui é mostrar o quão complexa é a movimentação de materiais com as quatro unidades industriais separadas (1, 2A, 2B e 3) e com o tipo de suporte do fio variando bastante ao longo da cadeia em razão da natureza dos equipamentos.

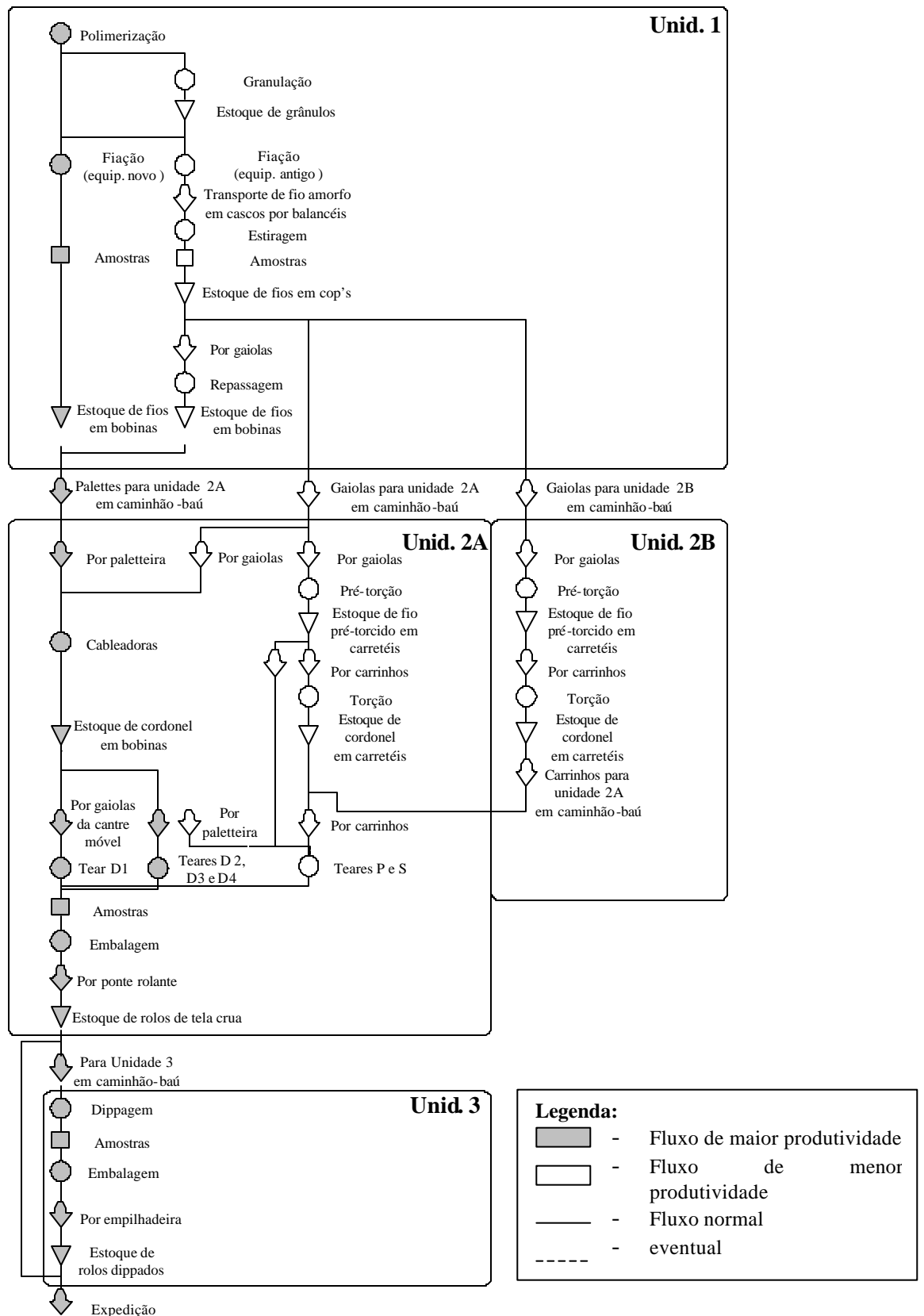


Figura 10 – Diagrama do fluxo do processo de produção de tela para pneu

Destaca-se também na Figura 10 – Diagrama do fluxo do processo de produção de tela para pneu, o fato de que, progressivamente, a empresa está substituindo seus equipamentos mais antigos, tornando o processo mais enxuto e obtendo ganhos em competitividade.

1.2 Estágio

O estágio realizado pela autora iniciou-se em janeiro de 2006 na unidade 2 da empresa, que engloba os processos de torção e tecelagem.

Com foco no processo de tecelagem, as funções desempenhadas durante esse estágio foram:

- ? Auxílio em projetos de melhoria em produtividade, segurança e ergonomia;
- ? Análise de processos, elaboração de métodos operatórios e estudo de outras ferramentas que possam ser aplicadas na racionalização das operações da área.

1.3 Definição do problema

Um recente estudo do grupo transnacional ao qual pertence a empresa realizou uma classificação de todas suas linhas de produtos em relação à competitividade no mercado. O objetivo era identificar quais linhas teriam prioridade em projetos de aumento de produtividade via método criado pelo grupo, batizado de “*OEE Step Change*”. Este método engloba:

- ? Uma análise da linha para visualizar a etapa gargalo da mesma;
- ? A exploração do gargalo por meio de investimentos e ações levantadas em *workshops*;
- ? O monitoramento e controle da produtividade da etapa.

Uma das linhas eleitas para aplicação deste método foi a de fios de alta tenacidade, produtora de tela para pneu. Tendo clientes importantes em um mercado de demanda reprimida, uma maior produção nesta linha geraria imediatamente mais vendas.

Desde fevereiro de 2006, a empresa investe em novos equipamentos nesta linha com objetivo de aumentar a produção de tela: quatro novas máquinas cableadoras foram instaladas, o que representou um aumento de quase 50% de produção de bobinas de cordonel, e em abril foi adicionado um equipamento novo de fiação e instaladas as chamadas “cantres móveis”, que permitem trocas de lote mais rápidas.

Com o aumento da produção nas etapas anteriores, a tecelagem passou a sofrer cada vez mais pressão para manter altos os rendimentos de seus equipamentos e assim garantir as entregas ao cliente final com o mesmo rigor de qualidade de sempre.

À época da aplicação do método *OEE Step Change* na linha, em junho de 2006, tornou-se evidente que a tecelagem era o gargalo: a produção das cableadoras atingiu 60 toneladas no mês contra uma produção de 55,5 toneladas dos teares D e S5, teares que normalmente recebem as bobinas provenientes das cableadoras.

Diante da necessidade de se nivelar o fluxo de produção e estimando-se que havia um grande *gap* entre a capacidade nominal dos equipamentos e o uso produtivo dos mesmos, foi estabelecido o seguinte objetivo global da ação: aumento da produção mensal em 4,5 toneladas para os teares D.

Integrada à equipe responsável pela ação, a autora participou dos *workshops* de análise da etapa gargalo, ficando inclusive responsável por algumas ações de melhoria na área.

É importante ressaltar que, na fase de exploração do gargalo, o foco do método aplicado era reduzir perdas na utilização de equipamentos, expressas em tempos de máquina parada. Esse direcionamento ficou bastante claro inclusive pela utilização do indicador de rendimento de equipamento OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) para a análise da situação de perdas do gargalo.

Entretanto, surge, com a constatação do fato da tecelagem ser um gargalo, a motivação em se investigar também perdas na transformação de recursos materiais. Imagina-se que, em razão da capacidade de produção superior da etapa anterior, haja uma sensação de segurança de recebimento de matéria-prima na etapa gargalo. Enquanto há uma grande preocupação em se aproveitar a capacidade disponível de um equipamento gargalo, pode haver certa displicência no aproveitamento de matérias-primas, o que pode resultar na geração de excessiva de sobras.

Resumindo, as perdas na utilização de equipamentos e as perdas na transformação de materiais nos teares D são problemas de grande relevância na linha de produção de tela para pneu.

1.4 Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é analisar mais profundamente as perdas na utilização de equipamentos e perdas na transformação de materiais e formular alternativas visando à redução dessas perdas para se buscar o aumento da produtividade no processo de tecelagem dos teares D, atual gargalo da linha de produção de tela para pneu.

Em razão da complexidade dos problemas levantados para serem analisados e resolvidos, serão feitas algumas hipóteses e simplificações. Imagina-se que estas hipóteses possam ser relaxadas em projetos futuros de aprofundamento do estudo.

A redução de perdas em utilização de mão-de-obra, outro elemento importante de um sistema de produção, não será objeto de estudo deste trabalho.

2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo é dedicado à pesquisa bibliográfica dos temas centrais deste trabalho: as perdas e a produtividade de um processo de produção.

Primeiramente, um levantamento bibliográfico sobre as teorias de TPM (*Total Productive Maintenance*) e produtividade é apresentado. Após a visão abrangente dessas teorias, são apresentados métodos utilizados para se calcular um indicador particular de produtividade, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Finalmente, para a proposição de melhorias, faz-se necessária uma discussão sobre a metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), utilizada neste trabalho.

2.1 TPM (*Total Productive Maintenance*)

Depois da II Guerra Mundial, setores da indústria japonesa assimilaram e modificaram técnicas administrativas e de manufatura dos Estados Unidos. Dessa forma, produtos manufaturados no Japão tornaram-se conhecidos por sua qualidade, atraindo a atenção do mundo para a tecnologia japonesa (NAKAJIMA, 1988).

Esse fato ocorreu de maneira significativa no campo de manutenção de equipamentos: práticas americanas de manutenção como a manutenção preventiva (*preventive maintenance - PM*), prevenção da manutenção (*maintenance prevention - MP*) e engenharia da confiabilidade foram de maneira gradativa adotadas no Japão. Posteriormente, com modificações e melhorias, essas práticas se cristalizaram como o TPM, *Total Productive Maintenance*, ou Manutenção Produtiva Total.

Segundo Nakajima (1988), o TPM numa empresa é alcançado em 4 estágios, correspondentes aos estágios de desenvolvimento do TPM no Japão:

- ? Estágio 1: Manutenção corretiva;
- ? Estágio 2: Manutenção preventiva;
- ? Estágio 3: Manutenção do sistema de produção e;
- ? Estágio 4: TPM.

2.1.1 Definição de TPM

TPM significa “Manutenção conduzida com a participação de todos” ou, traduzindo do inglês, “Manutenção Produtiva Total”. De acordo com Nakajima (1988), sua definição mais detalhada, proposta em 1971, é:

- ? A busca da maximização do rendimento operacional das máquinas e equipamentos;
- ? Sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento;
- ? Um sistema onde participam o *staff*, a produção e a manutenção;
- ? Um sistema que congrega a participação de todos, desde os da alta direção até os operacionais;
- ? Movimento motivacional na forma de trabalho em grupo, através da condução de atividades voluntárias.

Ainda segundo Nakajima (1988), a letra “T” que deriva do Total apresenta 3 significados:

- ? Rendimento total das máquinas, proveniente da maximização do rendimento operacional global;
- ? Sistema total, proveniente do enfoque global do envolvimento da engenharia, produção e manutenção;
- ? Participação de todos.

Já a letra M, de “Manutenção”, remete aos conceitos de manutenção autônoma e ao respeito pelo equipamento e a letra P, de “Produtiva”, refere-se à proposta da manutenção deixar de ser

atividade exclusiva de um departamento de manutenção e assim buscar o aumento da produtividade do equipamento (FRANCISCHINI, 2005b).

2.2 Produtividade de um sistema produtivo

Para Francischini (2005a), o termo produtividade admite várias definições. Dentro de diversas categorias (indivíduos, empresas, setores da economia, etc.) ou pelos elementos de uma mesma categoria – por exemplo, na categoria empresa tem-se engenheiros, administradores e gerentes – o termo produtividade é geralmente especificado como um detalhe da definição mais abrangente de produtividade: resultados obtidos diante dos esforços aplicados.

Entretanto, segundo Muscat (1987), muitas vezes, mesmo dentro de uma mesma categoria ou sub-categoria, o termo produtividade não é bem compreendido ou utilizado. Para este autor:

“O entendimento do que vem a ser produtividade depende da maior ou menor abrangência do sistema que está sendo observado, do objeto de análise (ex.: uma certa categoria de mão-de-obra) para o qual se pretende estabelecer a produtividade e, finalmente, de qual é a específica forma de se calcular a produtividade”.

Sendo o objeto de análise um sistema de produção, isto é, um sistema de transformação de um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, o autor recomenda para análise de sua produtividade a explicitação de seus elementos físicos, cujas categorias mais importantes são as matérias-primas, os equipamentos, a mão-de-obra e os produtos resultantes. Um esquema do sistema de produção com seus elementos físicos pode ser visto na Figura 11.

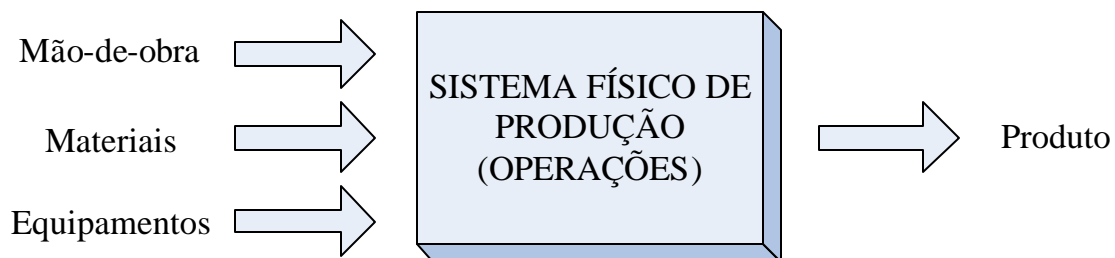


Figura 11 – Esquema de um sistema físico de produção (fonte: MUSCAT (1987))

Para o sistema apresentado, Muscat (1987) define para cada recurso uma medida para a produtividade física (p^f):

$$p_{equipamentos}^f = \frac{Q}{C}$$

$$p_{mão-de-obra}^f = \frac{Q}{R}$$

$$p_{materiais}^f = \frac{Q}{G}$$

Sendo:

- ? Q - Quantidade de produto final produzida e vendida num certo período de tempo;
- ? R - Homens x hora totais utilizados para a produção da quantidade Q ;
- ? G - Quantidade total gasta de material na produção da quantidade Q ;
- ? C - Capacidade teórica (nominal de produção, expressa em quantidade de produto final, usada para a produção da quantidade Q).

A integração destes indicadores de produtividade física na busca de um indicador global de produtividade pode ser feita através da análise do sistema econômico de produção, que constata o fato dos recursos virem de mercados fornecedores, que determinarão preços para aquisição desses recursos (MUSCAT, 1987).

Considere os seguintes preços de um sistema econômico de produção (esquematizado também na Figura 12):

- ? $P_{equipamentos}$ - Valor unitário de recuperação do capital, incluindo o valor depreciado e os juros sobre o capital empatado, acrescido de manutenção do equipamento e seguro;

- ? $P_{m\tilde{a}o-de-obra}$ - Valor horário da mão-de-obra, incluindo encargos sociais;
- ? $P_{materiais}$ - Preço unitário de matéria-prima, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto e incluindo o custo de estocagem da mesma;
- ? $P_{produto}$ - Preço unitário do produto, excluindo impostos que sejam obrigações do consumidor final do produto e incluindo o custo de estocagem do mesmo.

Com esses preços, pode-se esquematizar o sistema analisado como a seguir, na Figura 12:

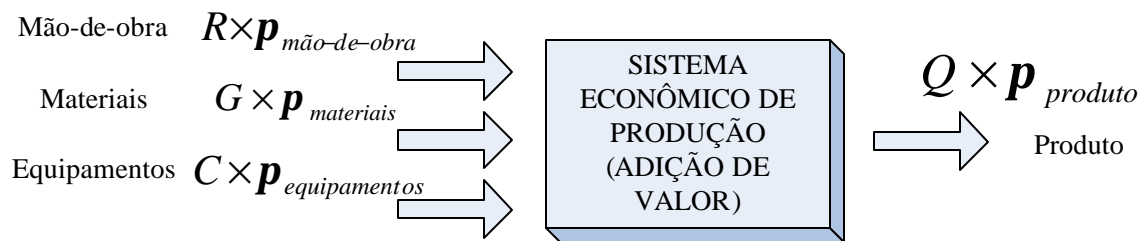


Figura 12 – Esquema de um sistema econômico de produção (fonte: MUSCAT (1987))

O indicador de produtividade global do sistema será então dado pela seguinte fórmula (MUSCAT, 1987):

$$p^t = \frac{\textit{benefício}}{\textit{custo}} = \frac{Q \times p_{\textit{produto}}}{R \times p_{\textit{m\tilde{a}o-de-obra}} + G \times p_{\textit{materiais}} + C \times p_{\textit{equipamentos}}}$$

A fórmula calcula assim o resultado obtido, receita total com vendas, excluindo impostos ao consumidor final, pelos custos totais dos recursos.

Este indicador global de produtividade permite análise do sistema produtivo com grande abrangência e reflete uma visão típica de um investidor, que vê a empresa como uma “caixa preta” (FRANCISCHINI, 2005a). Entretanto, para uma análise detalhada, deve-se decompor este indicador em indicadores parciais. Mesmo dentro destes, é possível separar as perdas dentro de classificações.

A necessidade de se estudar em detalhes cada indicador parcial deve-se ao fato da maneira de se administrar cada classificação ser diferente (MUSCAT, 1987). Dessa maneira, a análise desses indicadores é mais apropriada para os gerentes do processo.

A seguir, são calculados os indicadores parciais dos recursos:

$$P_{equipamentos} = P_{equipamentos}^f \times \frac{1}{P_{equipamentos}} = \frac{Q}{C} \times \frac{1}{P_{equipamentos}} = \frac{Q}{E}$$

$$P_{mãodeobra} = P_{mãodeobra}^f \times \frac{1}{P_{mãodeobra}} = \frac{Q}{R} \times \frac{1}{P_{mãodeobra}} = \frac{Q}{S}$$

$$P_{materiais} = P_{materiais}^f \times \frac{1}{P_{materiais}} = \frac{Q}{G} \times \frac{1}{P_{materiais}} = \frac{Q}{M}$$

As variáveis E, S e M representam respectivamente o custo total dos equipamentos, da mão-de-obra e do material.

A seguir, é feita a decomposição do indicador parcial da produtividade dos equipamentos (Pequipamentos):

$$P_{equipamentos} = \frac{C}{E} \times \frac{A}{C} \times \frac{U}{A} \times \frac{Q}{U}$$

Sendo que a distinção entre A, U e Q é apresentada na Figura 13.

C - Capacidade teórica (nominal)			
A - Capacidade disponível			A' - Capacidade não disponível
U - Capacidade utilizada		U' - Capacidade não-utilizada	
Q - Uso produtivo	Q' - Uso não-produtivo		

Exemplos de perdas
Não há perdas.
A' - Manutenção (preventiva e corretiva), queda de energia, horas bloqueadas para prestação de serviços a outras empresas, 2o e 3o turnos inexistentes, etc.
U' - Uso de velocidade de processamento menor que a máxima, tempo de preparação do equipamento, falta de mão-de-obra, falta de matéria-prima, etc.
Q' - Produção não atendeu às exigências de qualidade.

Figura 13 – Componentes de decomposição do indicador Pequipamentos (Figura adaptada de MUSCAT (1987))

Pode-se notar que perdas em disponibilidade de capacidade podem estar ou não sob controle da empresa.

Prosseguindo, a decomposição do indicador parcial da produtividade da mão-de-obra ($p_{m\grave{a}odeobra}$), de maneira análoga, é feita da seguinte forma:

$$P_{m\grave{a}odeobra} = \frac{R}{S} \times \frac{D}{R} \times \frac{O}{D} \times \frac{P}{O} \times \frac{Q}{P}$$

Sendo que a distinção entre D, O e P é apresentada na Figura 14.

R - Homens x hora utilizadas				Exemplos de perdas	
D - Homens x hora disponíveis			D' - Homens x hora não disponíveis		
O - Homens x hora trabalhadas		O' - Homens x hora não trabalhadas		Não há perdas. D' - férias, afastamento por tratamento médico, empréstimo para outras unidades organizacionais, faltas, treinamento, etc. O' - tempos ociosos, recuperação da fadiga, necessidades pessoais, atividades não operacionais, etc. P' - tempo trabalhado resultou em produção de má qualidade.	
P - Homens x hora produtivas	P' - Homens x hora não produtivas				

Figura 14 – Componentes de decomposição do indicador $p_{m\grave{a}odeobra}$ (Figura adaptada de MUSCAT (1987))

Também em D' há perdas que dependem ou não de decisões da empresa (ou unidade operacional, dependendo da análise que está sendo feita).

Finalmente, a decomposição do indicador parcial da produtividade da matéria-prima ($p_{materiais}$) pode ser feita da seguinte forma:

$$P_{materiais} = \frac{G}{M} \times \frac{B}{G} \times \frac{F}{B} \times \frac{Q}{F}$$

Sendo que a distinção entre B e F pode ser inferida pela Figura 15.

G - Gasto de material		
B - Material com qualidade aceitável		B' - Material com qualidade não-aceitável
F - Material aproveitado	F' - Material não aproveitado	

Figura 15 – Componentes de decomposição do indicador $p_{\text{materiais}}$ (Figura adaptada de MUSCAT (1987))

Uma diferença no caso da decomposição do indicador de produtividade de materiais é que seu início não é a disponibilidade de material, pois, diferentemente dos equipamentos e da mão-de-obra, ela pode ser estocada sem perdas. Inicia-se a decomposição com o gasto G (MUSCAT, 1987).

2.3 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Segundo Nakajima, 1984 apud Azevedo (2004)², a melhoria na eficácia dos equipamentos pode ser medida através do indicador OEE - *Overall Equipment Effectiveness*. Seu cálculo é realizado a partir da detecção das perdas no processo.

2.3.1 As grandes perdas

Segundo Francischini (2005b), as grandes no processo são seis, classificadas em perdas por parada, perdas por mudança de velocidade e perdas por produtos defeituosos:

? Perdas por paradas:

- Parada acidental;
- *Set-up*, regulagens;

? Perdas por mudança da velocidade:

- Parada momentânea;
- Queda na velocidade;

? Perdas por produtos defeituosos:

- Defeitos no processo;
- *Start-up*, que é a volta de uma máquina após uma parada, período de tempo em que, geralmente são produzidos produtos com defeitos.

Rama (1996, p.34-38) baseia-se em Ford Motor Company (1995)³, para definir sete grandes perdas:

² NAKAJIMA, S. Introduction to TPM Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.

³ FORD MOTOR COMPANY. Ford Total Productive Maintenance – Implementation Handbook. Dearborn, MI, USA: Ford Motor Company, jan. 1995.

- ? Quebra de equipamento;
- ? Perdas de *set-up* e ajustes: São perdas enquanto o equipamento está sendo preparado para produzir uma peça diferente ou alterada para atender as especificações do produto. Inclui o tempo da troca propriamente dita e o período de teste ou manutenção gerado pela troca;
- ? Perdas por utilização: Similares às quebras de equipamento, mas associadas à falha, quebra, deterioração ou desgaste do ferramental. Segundo a autora, essa separação auxiliaria na identificação da causa raiz do problema, que geralmente pode ser resolvida com a previsão da falha antes da quebra;
- ? Perdas por velocidade reduzida: Perda devido ao equipamento estar operando abaixo da velocidade ideal;
- ? Paradas documentadas e operações em vazio: Perdas devido a interrupções no fluxo do processo ou pequenas intervenções;
- ? Defeitos de qualidade no processo: Produção que gera retrabalho por não atender às especificações do produto;
- ? Perdas no *start-up*.

Estas perdas podem ser agrupadas segundo as classificações consideradas na medição do OEE: disponibilidade do equipamento, performance e qualidade, como ilustra a Figura 16.

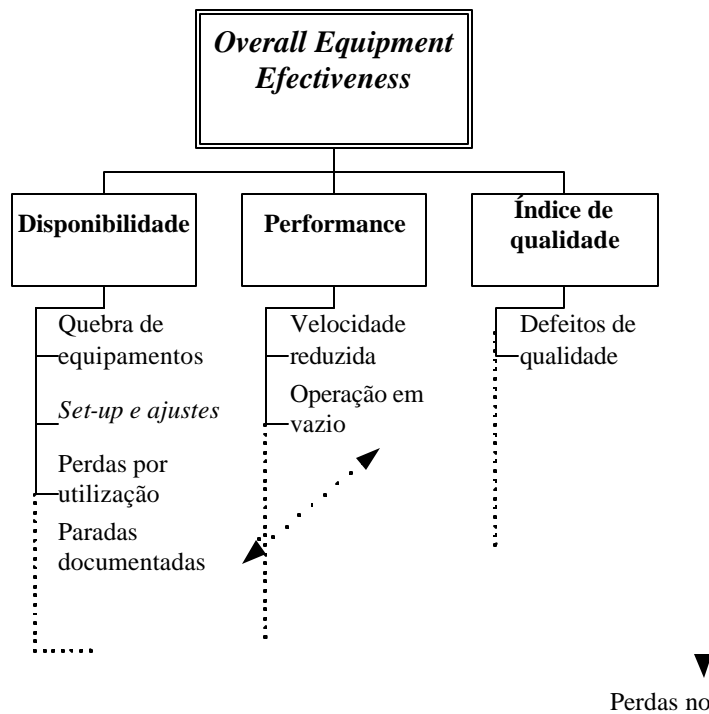


Figura 16 – Relação entre OEE e as sete grandes perdas (fonte Ford Motor Company, 1995 apud Rama 1996, p.31)

Deve-se atentar ao fato que, apesar de bem estruturado, o método apresentado por Rama (1996) de análise das perdas está bastante voltado ao processo produtivo da organização analisada em sua obra. Dessa maneira, o tratamento de perdas importantes em outras organizações, como perdas devido à falta de vendas, falta de matéria-prima ou falta de mão-de-obra, não está devidamente explicitado.

2.3.1.1 As grandes perdas segundo a empresa

Segundo Manual[...] (2006), o manual da empresa onde a autora realizou este trabalho, o indicador OEE pode ser decomposto em taxas de disponibilidade, performance e qualidade (ou conformidade a especificações) e em tipos mais específicos de perdas, detalhadas na Tabela 1. São propostos códigos “T” e “Q” para identificação destes tipos específicos de perdas, sendo os códigos Ts as perdas em unidades de tempo e os Qs perdas equivalentes, em unidades de produção em massa ou volume.

Tabela 1 – Famílias e tipos de perdas (adaptada de MANUAL[...] (2006))

Família de perdas	Tipos de perdas	Classificação (em tempo ou produção)
Disponibilidade	Paradas devido a causas externas: falta de vendas; falta de matéria prima por falha do fornecedor ou transportador (podendo ser material, energia, etc.); por força maior; greves gerais (como greves nacionais).	T1 ou Q1
	Manutenção programada e grandes paradas	T2 ou Q2
	Trocas de artigo (<i>set-up</i>)	T3 ou Q3
	Quebras de equipamento	T4 ou Q4
Performance	Processo/operações: marcha lenta; tempo de ciclo não respeitado; falta de matéria prima causada por falha interna; greve local (da usina ou área).	T5 ou Q5
Qualidade	Qualidade: refugo ou produto não vendido sem retrabalho.	T6 ou Q6

Para a empresa, tempos de trocas de lotes (isto é, paradas para trocas de lotes de um mesmo artigo) devem ser considerados no tempo de ciclo e, portanto, não são considerados como perdas no cálculo do OEE. É recomendado que, se estes tempos forem maiores do que o esperado, a diferença deve seja reportada na categoria “Processo/ operações”.

Comparando o método de classificação de perdas proposto pela empresa com o proposto por Muscat (1987), nota-se uma diferença: o tempo de preparação de equipamento é visto como uma perda de performance não de disponibilidade para o último. Há também definições particulares no método de classificação de Rama (1996). Tais diferenças entre as classificações de perdas devem-se aos diferentes enfoques que se deve dar de acordo com o sistema produtivo a ser analisado. As classificações dependem muito das diferentes maneiras de se administrar fatores ligados aos indicadores calculados.

2.3.2 Cálculo do OEE

Segundo Azevedo (2004), o indicador OEE é o produto de três fatores: Índice de Tempo Operacional (ITO), Índice de Desempenho Operacional (IDO) e Índice de Produtos Aprovados (IPA), cujas fórmulas são apresentadas a seguir:

$$ITO = \frac{TO}{TC}$$

$$IDO = \frac{TE}{TO} = \frac{\text{Tempo_de_Ciclo_Padr\~ao} \times \text{Quantidade_Produzida}}{TO}$$

$$IPA = \frac{TEP}{TE} = \frac{\text{Quantidade_Produzida} - \text{Defeituosos}}{\text{Quantidade_Produzida}}$$

As siglas utilizadas nas fórmulas são definidas com o auxílio da Figura 17.

TD - Tempo de calendário						
TC - Tempo de carga			Paradas planejadas			
TO - Tempo de operação		Perdas por paradas				
TE - Tempo efetivo de operação		Perdas de velocidade				
TEP - Tempo efetivo de produção	Defeitos					

Exemplos de perdas
Não há perdas.
PCP, almoço, reuniões, manutenções preventivas, etc
Quebras, preparação, ajuste, etc
Pequenas paradas, operação em vazio.
Perdas na produção de produto com defeitos.

Figura 17 – Componentes de decomposição do indicador OEE (Figura adaptada de FRANCISCHINI, 2005b)

Para o cálculo das perdas de velocidade deve-se determinar o tempo de ciclo padrão. Pode-se definir o tempo de ciclo padrão como o melhor tempo de ciclo já atendido ou a partir de tempos de ciclo já atingidos em outros equipamentos (AZEVEDO, 2004).

2.3.2.1 Método da empresa para cálculo de OEE

Segundo Manual[...] (2006), o manual da empresa, o objetivo do indicador OEE é medir a performance técnica e o grau de utilização de capacidade de um equipamento e, conseqüentemente, verificar com que eficiência este agrega valor ao produto.

O cálculo do OEE representaria, segundo a empresa, a razão entre a produção real de boa qualidade pela máxima produção que poderia ter sido realizada no mesmo período, baseada na capacidade máxima diária (chamada de MDC - *Maximum Daily Capacity*).

Cálculo do MDC (*Maximum Daily Capacity*):

Fazendo um paralelo com as definições apresentadas por Azevedo (2004) e Francischini (2005b), o MDC seria equivalente à quantidade diária de material produzida no equipamento operando em condições ótimas, no tempo de ciclo padrão.

Fazendo parte de uma indústria química, a empresa calcula ou mede sua máxima capacidade diária de acordo com o tipo de sistema produtivo:

- ? Produção contínua: O MDC é a melhor produção alcançada numa base de 24 horas;
- ? Produção semi-contínua: Quando a produção é variável em um período de n dias, entre paradas para trocas, limpeza, etc., o MDC corresponde a melhor produção diária média conseguida, chamada de “batelada de ouro”;

Esse cálculo pode levar a OEE maiores que 100% em certos períodos. Entretanto, justifica-se o uso desse método de cálculo para se evitar um valor de OEE muito baixo pelo uso de um MDC de referência que só poderia ser alcançado em 1 ou 2 dias num período de n dias, como num dia “i” ilustrado num exemplo ilustrado na Figura 18.

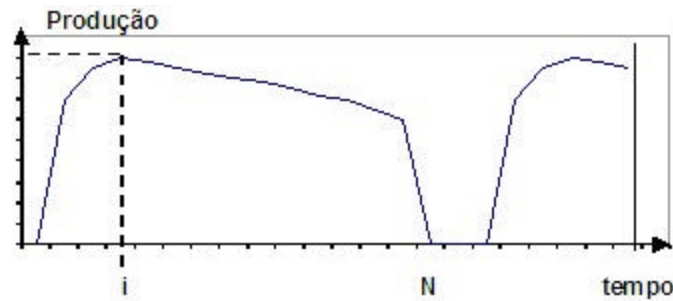


Figura 18 – Exemplo de gráfico de produção semi-contínua pelo tempo (adaptado de fonte interna)

? Produção em batelada: O MDC deve ser calculado pela produção média das três melhores bateladas consecutivas respeitando os procedimentos operacionais padrão trazida para uma base de 24 horas. Em caso de dificuldade de obter três bateladas consecutivas, o manual recomenda considerar apenas duas ou uma batelada.

Já para se calcular o MDC de um *mix* de produtos, o manual recomenda que seja feita uma média ponderada dos MDCs dos produtos pela fração do dia dedicada à cada produto.

Cálculo do OEE:

O cálculo do OEE pode ser feito tanto por medidas de tempo quanto de produção como mostra as seguintes fórmulas propostas pela empresa:

$$OEE = \frac{\text{Tempo}_{total} - T1 - T2 - T3 - T4 - T5 - T6}{\text{Tempo}_{total}} \times 100\%$$

Nesse caso, *Tempo_{total}* é um tempo equivalente ao MDC.

$$OEE = \frac{\text{Pr odução}_{real}}{\text{Máxima}_{produção}_{teórica}} \times 100\% = \frac{\text{Máxima}_{produção}_{teórica} - Q1 - Q2 - Q3 - Q4 - Q5 - Q6}{\text{Máxima}_{produção}_{teórica}} \times 100\%$$

Além do indicador OEE, a empresa calcula também o chamado OEE Líquido (*OEE_Net*), que desconsidera as perdas devido a causas externas. As fórmulas estão transcritas abaixo:

$$OEE_Net = \frac{(\text{Tempo_total} - T1) - T2 - T3 - T4 - T5 - T6}{(\text{Tempo_total} - T1)} \times 100\%$$

$$OEE_Net = \frac{\text{Produção_real}}{\text{Máxima_produção_teórica} - Q1} \times 100\% = \frac{\text{Máxima_produção_teórica} - Q1 - Q2 - Q3 - Q4 - Q5 - Q6}{\text{Máxima_produção_teórica} - Q1} \times 100\%$$

A decomposição do OEE, em tempo, é dada pelas fórmulas:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo_total} - T1 - T2 - T3 - T4}{\text{Tempo_total}} \times 100\%$$

$$\text{Performance} = \frac{(\text{Tempo_total} - T1 - T2 - T3 - T4) - T5}{(\text{Tempo_total} - T1 - T2 - T3 - T4)} \times 100\%$$

$$\text{Qualidade} = \frac{(\text{Tempo_total} - T1 - T2 - T3 - T4 - T5) - T6}{(\text{Tempo_total} - T1 - T2 - T3 - T4 - T5)} \times 100\%$$

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \times 100\%$$

De maneira similar, podemos decompor o OEE em quantidades de produção.

2.4 SMED (*Single Minute Exchange of Die*)

A metodologia SMED nasceu em 1950 quando Shingo (1990) dirigiu um estudo de melhoria de eficiência em uma fábrica de veículos de três rodas, a Toyo Kogyo de Mazda, em Hiroshima. Na época, o gerente de fabricação acreditava que a única solução para solucionar o problema do gargalo, que era a seção de moldes da fábrica, seria a aquisição de mais equipamentos. Pela investigação realizada e pela aplicação de conceitos, que originariam a metodologia SMED, Shingo reduziu tempos de *set-up* na fábrica, solucionando de maneira diferente o problema inicial.

Segundo este autor, SMED é uma abordagem científica para a redução do tempo de *set-up* de máquinas que pode ser aplicada em qualquer fábrica e a qualquer máquina. A seguir, são apresentados os principais pontos de sua teoria.

2.4.1 Passos básicos em processos de *set-up*

Apesar da percepção generalizada de que os processos de *set-up* são muitos variados, Shingo (1990) sugere que eles podem ser resumidos em 4 passos básicos, mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Passos em processos de *set-up* (SHINGO, 1990, p.29)

Operação	Proporção do tempo de <i>set-up</i>
Preparação, ajustes pós-processo, verificação de materiais, ferramentas, calibres, etc.	30%
Montar e desmontar ferramentas	5%
Centralizar, dimensionar e fixar outras condições	15%
Produção de peças de ensaio e ajustes	50%

2.4.2 Etapas conceituais da aplicação da metodologia SMED

Segundo Shingo (1990), ao se planejar a implantação do SMED, deve-se estudar em detalhe as condições reais da fábrica. Uma análise contínua da produção com um cronometro seria, sem dúvida, o melhor enfoque, mas requereria tempo e certa habilidade.

Outra possibilidade de estudo sugerida é o estudo do trabalho por amostragem, que revela o problema de falta de precisão em casos de processos não muito repetitivos – nesses casos, corre-se o risco de o estudo não ser válido. Outras possibilidades são a coleta de dados por meio de entrevistas a operadores e a gravação em vídeo de uma operação de *set-up* completa, que pode ser mostrada aos operadores que participaram da tarefa, gerando informações valiosas. De acordo

com o autor Shingo (1990), a realidade prática de aplicações em fábricas demonstra que observações informais como as sugeridas são, a princípio, suficientes.

A seguir são detalhadas as etapas da aplicação da metodologia.

1ª Etapa – Separação de *set-up* interno e externo:

A distinção das atividades de *set-up* é a primeira fase da aplicação de metodologia SMED de Shingo (1985). Segundo este autor, as atividades podem ser classificadas em internas, aquelas que podem ser realizadas apenas com a máquina parada, e externas, que podem ser executadas durante o funcionamento da máquina.

O autor estima que se for feito um esforço para realizar atividades de *set-up* que não requerem parada de máquina como atividades de *set-up* externas, o tempo de *set-up* interno pode ser reduzido entre 30% e 50%.

2ª Etapa – Converter *set-up* interno em externo:

A 2ª etapa, segundo Shingo (1990) compreende 2 conceitos importantes:

- ? Reavaliação de operações para detectar se algumas atividades estão erroneamente consideradas como internas;
- ? Busca de formas para converter atividades de *set-up* interno em externas.

É importante, neste momento, adotar novos pontos de vista que não estejam influenciados por antigos costumes.

3ª Etapa – Aperfeiçoar todos os tipos de *set-up*

Esta etapa necessita de uma análise detalhada de cada atividade elementar. Deve-se obter melhorias em todas as etapas do processo de *set-up*.

Uma representação gráfica destas 3 etapas da aplicação da metodologia é ilustrada na Figura 19.

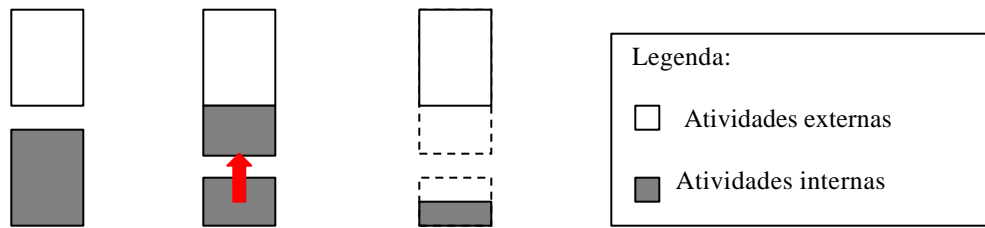


Figura 19 - Esquema com etapas da metodologia SMED (adaptado de THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 1996)

3 ANÁLISE DO PROCESSO ATUAL

3.1 Descrição geral da tecelagem

Este capítulo apresenta algumas informações sobre equipamentos, produção e organização do trabalho na área da tecelagem que serão úteis na análise das perdas na utilização de equipamentos e perdas na transformação de materiais nos teares D. Apesar do foco se limitar a apenas esta categoria de equipamento, faz-se necessária uma descrição ampla do contexto no qual ela está inserida.

3.1.1 Equipamentos

A área tem como equipamentos 17 teares - 8 teares tipo P (os mais antigos), 5 teares do tipo S e 4 teares do tipo D (os mais avançados e produtivos) - e suas respectivas cantres, estantes que funcionam como suporte para o desenrolamento de bobinas ou carretéis com fio. A disposição de um tear e sua cantre foi apresentada na Figura 9 no capítulo 1.

Como já mencionado, em particular, o tear D1 possui a chamada “cantre móvel”: recentemente adquirida, ela é composta de uma estrutura fixa com estantes móveis, chamadas gaiolas, para as bobinas de fio.

A Figura 20 mostra bobinas colocadas numa dessas gaiolas e o detalhe das rodas das gaiolas, que permitem sua movimentação.

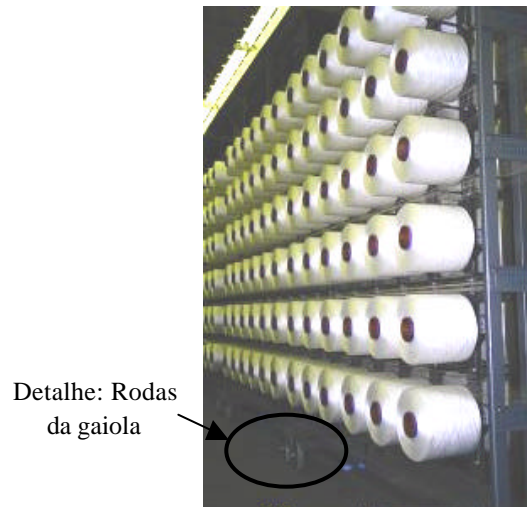


Figura 20 – Bobi nas em uma gaiola de cantre móvel (adaptada de foto do *site* http://www.btma.org.uk/members_listings/texkimp.htm)

A cantre móvel foi instalada com o objetivo de reduzir tempo de carregamento e descarregamento de bobinas durante trocas de artigo. O carregamento das gaiolas é feito fora da área, sem necessidade do tear estar parado, e no momento da troca, basta que se retire a gaiola com as bobinas que se acabaram e substituir por uma gaiola com bobinas novas.

Apesar dos ganhos em trocas, a geometria da estrutura da cantre móvel exige uma configuração, ou posicionamento, de bobinas diferente da realizada nas cantres antigas. Isso resulta em algumas dificuldades na sua utilização em razão da equipe de produção ainda estar se adaptando à mesma.

3.1.2 Artigos produzidos

Os diferentes artigos produzidos são telas que variam conforme:

? Título e tipo (fio pré-torcido ou cordonel) de fio de “urdume”, que é ilustrado na Figura 21;

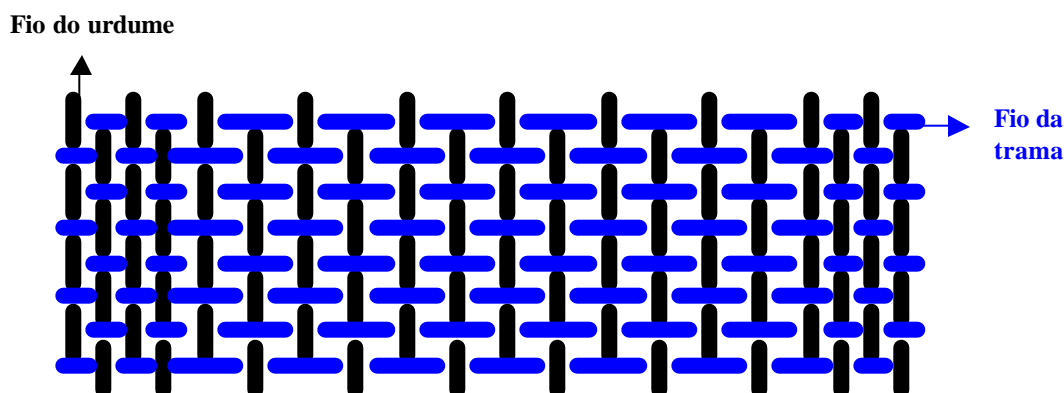


Figura 21 – Construção do tecido (fonte interna)

- ? Título e tipo (algodão ou elástica) de fio da trama;
- ? Quantidade e densidade de fios de urdume (fatores que determinam a largura do rolo);
- ? Densidade da trama, que determina se o tecido é mais ou menos denso.

Dessas diferentes combinações, tem-se no total mais de 30 tipos de artigos.

Os artigos podem ser produzidos em qualquer tear. Entretanto, para racionalizar a utilização dos equipamentos, existe uma certa tendência para se programar determinado artigo em cada tear. Um exemplo disso é que o fato do artigo que apresenta maior demanda ser produzido quase que continuamente no tear D1, que por possuir a cantre móvel, requer menos tempo de máquina parada por trocas de artigo ou de lote.

3.1.3 Organização do trabalho

Há 4 equipes operacionais que se revezam em 3 turnos com 6 dias de trabalho e 2 de folga.

Cada equipe é composta por 4 tecelões (1 para cada tipo de tear nos teares P e S e 2 para os teares D), nomeados de “patrulheiros de tear”, que supervisionam o andamento do tecimento da tela, reparam pequenas falhas da máquina, participam de trocas de artigos e de lote, realizam costuras quando o fio rompe e atividades de controle de qualidade, entre outras.

Ainda para cada equipe, um grupo de 8 a 10 operadores, chamado de “grupo de virada”, é responsável pelas trocas de artigo e de lote, pelo transporte e armazenagem de bobinas e pela limpeza da área.

Completando a equipe há 1 operador chamado de “balanceiro”, que tem como funções principais o transporte, a pesagem, a embalagem e o armazenamento do rolo de tela, o produto acabado.

3.2 Produtividade do processo atual

De modo semelhante ao modelo apresentado por MUSCAT (1987) na Figura 11, o sistema físico de produção a ser analisado, a tecelagem em teares D, poderia ser esquematizado como na Figura 22.

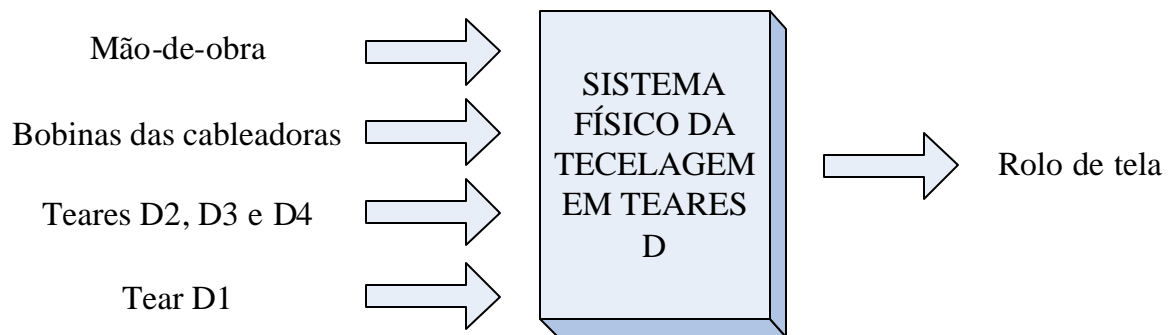


Figura 22 – Esquema do sistema físico de produção da tecelagem em teares D

Pode-se notar que quando há sub-categorias dentro dos recursos, como no caso de D1 e o conjunto formado pelos teares D2, D3 e D4, que possuem diferentes processos de trocas, a análise de produtividade deve ser realizada separadamente para cada uma das sub-categorias (MUSCAT, 1987).

Feita essa consideração, inicia-se a análise da produtividade do processo atual revendo o cálculo do indicador OEE realizado atualmente. Em seguida, serão analisadas as perdas na utilização de

equipamentos e perdas de materiais nos teares D, para a definição de possíveis ações de melhoria que ataquem os problemas mais relevantes existentes.

Por motivos de confidencialidade, valores específicos de indicadores de produtividade não são revelados neste trabalho, o que impossibilita uma análise quantitativa exata. Entretanto, a análise a ser realizada não será meramente qualitativa. O trabalho demonstrará a ordem de grandeza das perdas com o intuito de orientar as ações de melhoria e estimar o impacto de futuras reduções dessas perdas.

3.2.1 Cálculo atual do OEE

O cálculo e controle do rendimento do equipamento já são realizado na empresa. Através de fichas colocadas junto aos teares, os operadores anotam os tempos de máquina parada e especificam o tipo de parada por um código, além de informarem a data e a equipe e identificarem o produto que estava sendo produzido no momento da ocorrência da parada.

Assim, com esses tempos de máquina parada documentados se calcula o indicador de produtividade denominado OEE:

$$OEE = \frac{\text{Tempo}_{total} - \sum \text{Tempos}_{paradas}_{documentadas}}{\text{Tempo}_{total}} \times 100\%$$

O Tempo_{total} da fórmula é o tempo que foi disponibilizado para a produção, geralmente as 24 horas do dia, já que não há manutenção ou outras paradas planejadas para os teares.

Calcula-se também o chamado OEE Líquido (OEE_{Net}) que desconsidera as perdas devido a causas externas, classificadas como “T1” (ver Tabela 1 – Famílias e tipos de perdas (adaptada de MANUAL[...] (2006))):

$$OEE_{Net} = \frac{\text{Tempo}_{total} - \sum \text{Tempos}_{paradas}_{documentadas}}{(\text{Tempo}_{total} - T1)} \times 100\%$$

Sabe-se que, além das paradas documentadas, existem pequenas paradas que penalizam a performance do equipamento e são inviáveis de se medir e documentar. Isso faz com que o atual cálculo de produtividade, que considera apenas as paradas documentadas, não tenha grande acurácia e esteja superestimando a performance do equipamento, além de não estar compatível com os cálculos sugeridos nos manuais da empresa.

Sugere-se uma mudança na maneira de se efetuar os cálculos baseando-se no MDC, explicado na seção 2.3.2.1 Método da empresa para cálculo de OEE, ou no tempo de ciclo padrão do equipamento, visto em 2.3.2 Cálculo do OEE. Outra sugestão seria formalizar a análise de produtividade separadamente para cada uma das sub-categorias dos teares D: o tear D1 e o conjunto formado pelos teares D2, D3 e D4. Isso não é ainda realizado e pode prejudicar o processo de tomada de decisões na área.

3.2.2 Perdas do processo atual em termos de aproveitamento da capacidade de equipamentos

Para a priorização de perdas a serem reduzidas foram analisadas as paradas documentadas no período entre os meses de maio a julho de 2006. Esse período foi escolhido dado que a produção já se encontrava estabilizada depois das mudanças decorridas da instalação das cantres móveis no tear D1, que ocorreu em abril de 2006. Para essa análise, foram considerados os códigos de parada listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Códigos de paradas documentadas na tecelagem

Família de perdas	Tipos de perdas	Classificação (em tempo)	Códigos
Disponibilidade	Paradas devido a causas externas: falta de vendas; falta de matéria prima por falha do fornecedor ou transportador (podendo ser material, energia, etc.); por força maior; greves gerais (como greves nacionais).	T1	P02
			P06
			P26
			P30
	Manutenção programada e grandes paradas	T2	P32
	Trocas de artigos (<i>set-up</i>)	T3	P08
			P21
P24			
Quebras de equipamento	T4	P29	
		P03	
		P04	
Performance	Processo/operações: marcha lenta, tempo de ciclo não respeitado; falta de matéria prima causada por falha interna; greve local (da usina ou área).	T5	P05
			P07
			P10
			P14
			P25
			P33
			P35
P36			
Qualidade	Qualidade: refugo ou produto não vendido sem retrabalho.	T6	P37
			P23

Por motivos de confidencialidade, na Tabela 3 não é feita a descrição em detalhe de cada parada, cada código de parada é apenas situado dentro da classificação com base no tempo “T” criada pela empresa (ver seção em **2.3.1.1 As grandes perdas segundo a empresa**). Serão descritos em detalhes apenas os códigos que representam as causas de maior impacto na área.

A ferramenta escolhida para a priorização das perdas é o Gráfico de Pareto. Segundo Werkema (1995, p.75), “O Gráfico de Pareto dispõe a informação de modo a tornar evidente e visual a priorização de problemas e projetos”. Werkema (1995, p.76) explica o Princípio de Pareto, em que perdas de produção e outros problemas podem ser classificados em 2 categorias: os “poucos vitais” e os “muitos triviais”. Num um primeiro momento, é fundamental concentrar a atenção sobre os *poucos vitais*, deixando de lado os *muitos triviais*, para que os problemas possam ser resolvidos da forma mais eficiente possível.

Por não ser possível a exposição de valores de indicadores nos gráficos de Pareto construídos para as perdas, os valores dos tempos não serão explicitados, apenas a curva traçada que mostra as porcentagens acumuladas das paradas que ocorreram no período de 3 meses considerado.

No Gráfico 1 e no Gráfico 2 são apresentados os gráficos de Pareto das perdas por classificação “T” para o tear D1 e para os teares D2, D3 e D4, respectivamente.

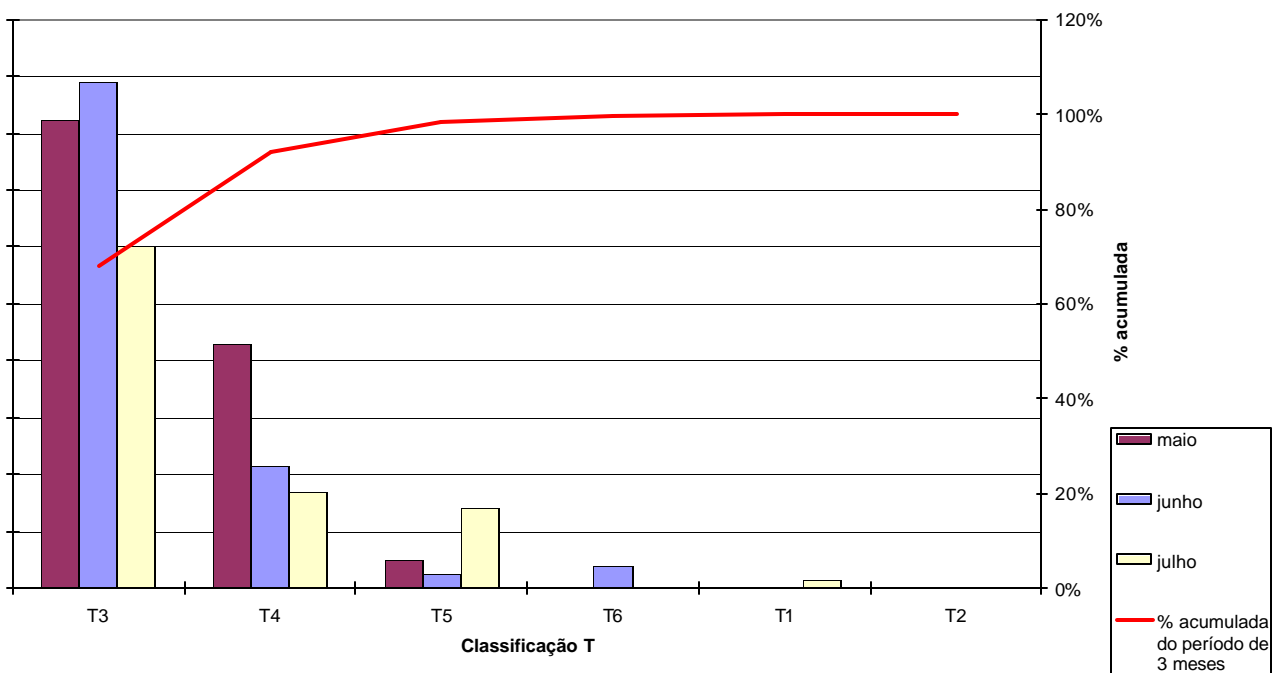


Gráfico 1 – Gráfico de Pareto de total de horas paradas por classificação "T" no tear D1

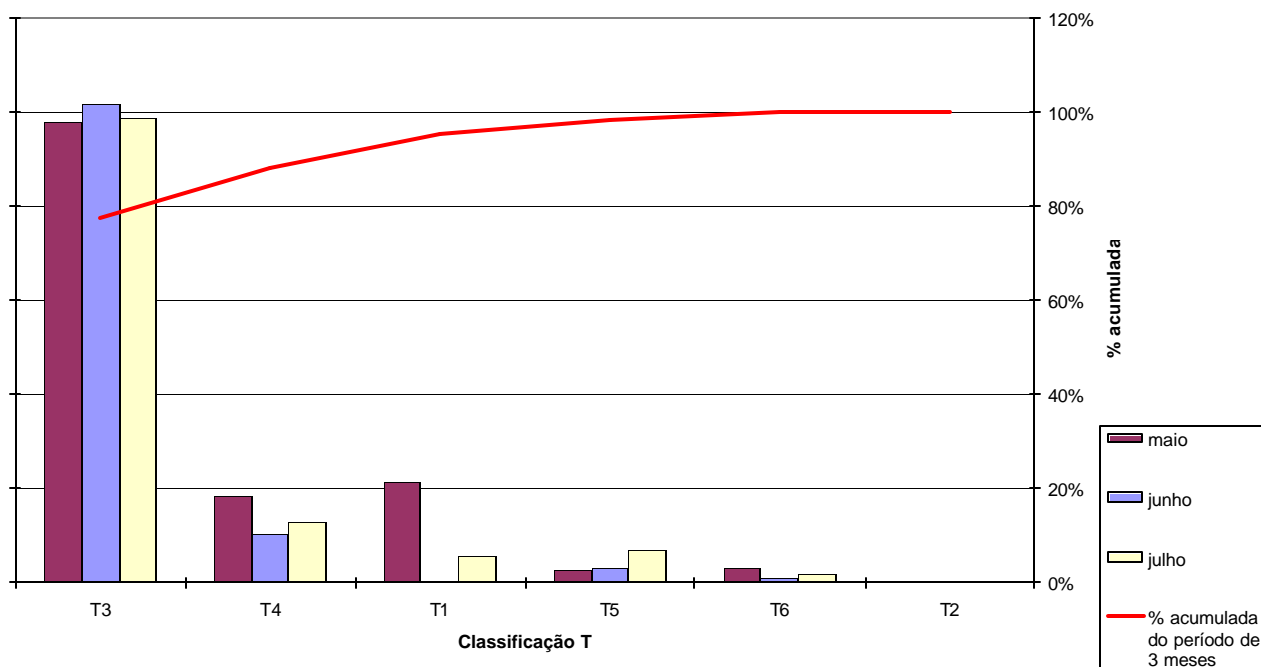


Gráfico 2 – Gráfico de Pareto de total de horas paradas por classificação "T" nos teares D2, D3 e D4

Pode-se ver por ambos gráficos de Pareto que as principais causas de horas paradas estão dentro da classificação “T3”. Esta classificação inclui as paradas listadas a seguir:

- ? Paradas por troca de artigo (*set-up*): Parada para a passagem de um artigo para outro. Envolve o descarregamento e carregamento da máquina para a colocação de novas bobinas e mudança de alguns parâmetros. É representada pelo código P08 da Tabela 3;
- ? Paradas por troca de lote: Representada pelo código P24 da Tabela 3, é a parada devido a uma troca de lote de um mesmo artigo. A máquina é também descarregada e carregada com novas bobinas, que têm capacidade de produzir até 14 rolos;
- ? Parada para a retirada de rolo: A máquina tem sua produção interrompida e se retira o rolo que acaba de atingir seu tamanho padrão. Tratava-se de uma parada bastante rápida em termos relativos e não documentada pelos operadores, não sendo assim representada por um código.

Para ilustrar essas paradas, na Figura 23 há um esquema que ilustra um exemplo de seqüência dessas paradas.

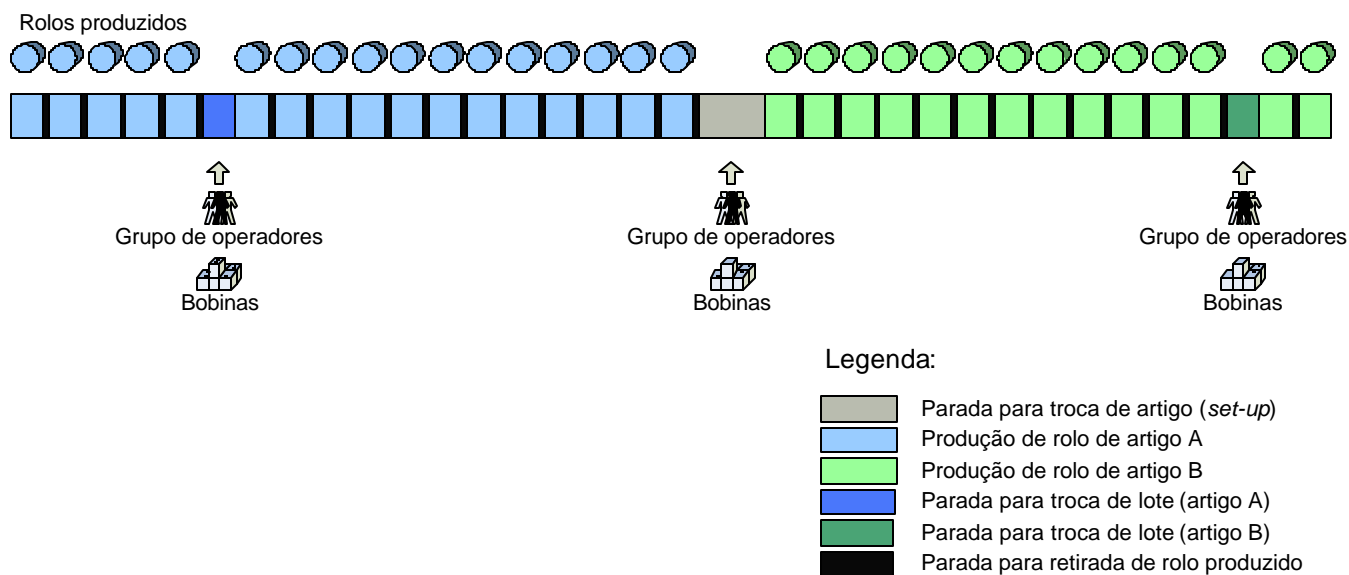


Figura 23 – Esquema das principais atividades incluídas na classificação "T3"

A Figura 23 inicia-se com o fim da produção de um lote do artigo A. Após a retirada do último rolo de tela do lote, um grupo de operadores é encarregado de preparar a máquina e carregar a máquina com novas bobinas. Essas novas bobinas permitem a produção de mais 12 rolos do artigo. Ao final da produção desse lote, realiza-se uma parada na máquina para a troca de artigo, que envolve também um grupo de operadores e os materiais necessários para a produção do artigo B. De maneira análoga à produção de lotes de A, ao final de um lote de produto B, realiza-se uma parada para a produção de outro lote de artigo B.

Além dessas paradas, é também considerada na classificação T3 as paradas para troca de bobinas. Estas paradas podem ocorrer durante a produção de um lote, geralmente em seu final, em razão do tear ter sido inicialmente carregado com bobinas de diferentes tamanhos. Por terem menor comprimento, algumas bobinas acabam antes das demais na sua utilização nos teares, e por isso devem ser substituídas por novas para que se continue o tecimento.

Existem duas causas diferentes de haverem bobinas com diferentes comprimentos de fio:

– Deficiências durante o processo anterior (cableadoras) que fazem com que o fio que estava sendo retorcido se rompa e sejam produzidas bobinas com menor comprimento (metragem) total

de fio, como mostra a Figura 24. A parada para troca de bobinas originada por essa causa é representada pelo código P21 da Tabela 3.



Figura 24 - Diferença entre comprimentos de fio de bobinas na cantre

? A variação da metragem de bobinas produzidas nas cableadoras: Neste caso, as bobinas de menor metragem terminam antes das demais também, mas a diferença entre as bobinas menores e maiores não é tão evidente, como mostra a Figura 25. Uma parada por essa causa é documentada através do código P29 da Tabela 3 e engloba o tempo para se retirar a bobina que acabou, colocar outra cheia e realizar uma costura para emendar o fio.



Figura 25 – Variação de metragem entre bobinas

Deve-se ressaltar que, apesar de Manual[...] (2006), o manual da empresa, considerar como perda em “T3” apenas tempos de *set-up* em trocas de artigo, a coordenação de produção decidiu incluir outras paradas nessa mesma classificação, pois acredita-se que assim monitora-se a execução de tarefas semelhantes através do mesmo indicador.

Analisando agora as paradas de equipamento não mais pela classificação T mas pelos códigos de parada individualmente pretende-se verificar se há alguma perda fora de T3 que cause impacto relevante na produtividade dos teares D. De maneira análoga, foram construídos o

Gráfico 3 e o

Gráfico 4, gráficos de Pareto de perdas por códigos de parada para o tear D1 e para os teares D2, D3 e D4, respectivamente.

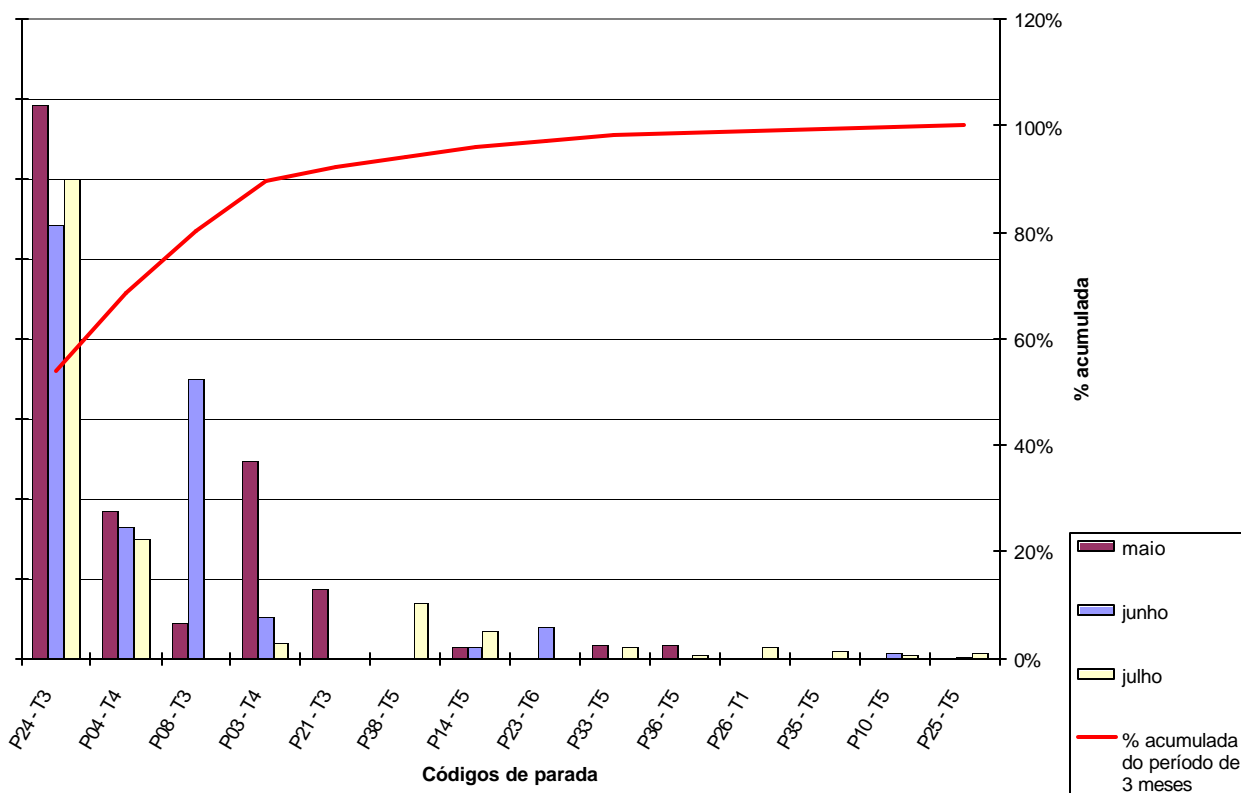


Gráfico 3 – Gráfico de Pareto de total de horas paradas por código de parada do tear D1

Analisando as paradas de equipamento por código, pode-se ver no Gráfico 3 que D1 tem entre os motivos de parada mais significativos (os que representam 80% das horas paradas totais) 2 códigos da classificação T3: a troca de lote (P24), que é responsável por 54% das horas paradas totais, e a troca de artigo (P08), com 12%. O código fora da classificação T3, P04, corresponde a intervenções mecânicas na área que, a princípio, segundo o responsável mecânico foram pontuais.

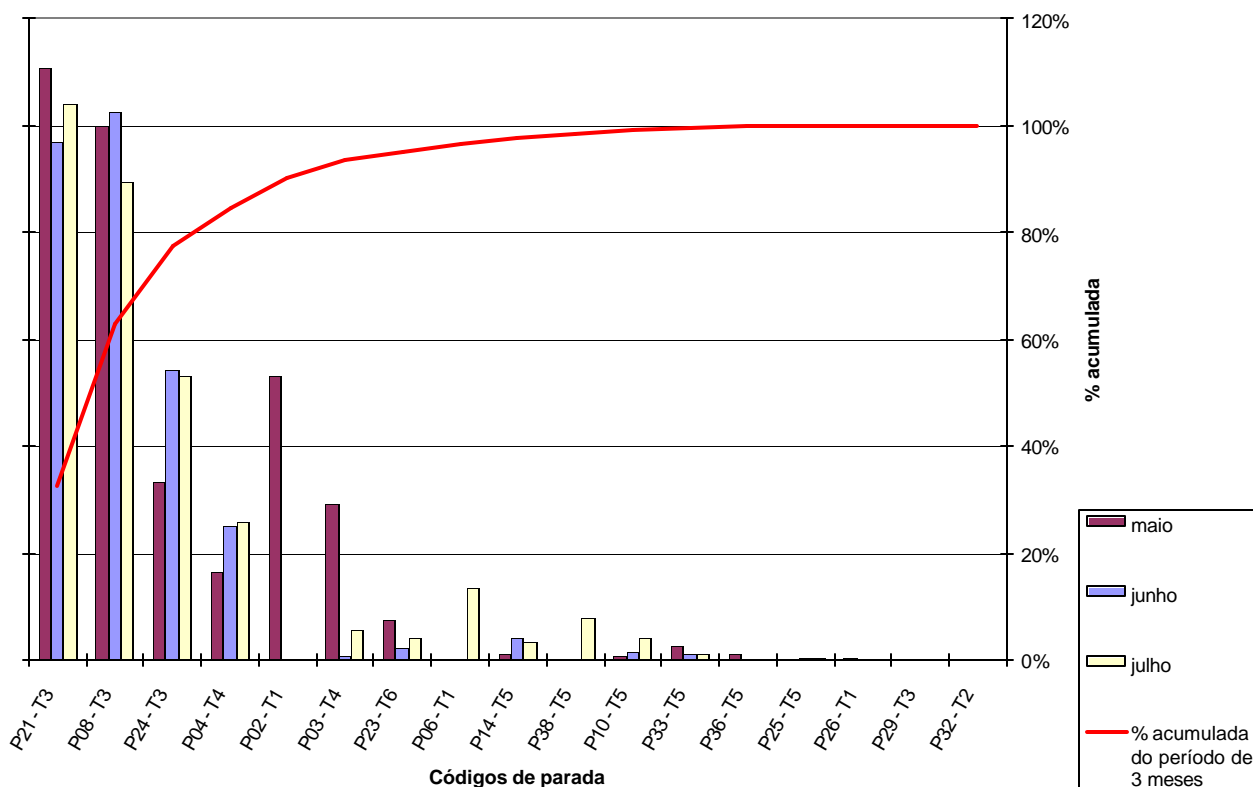


Gráfico 4 – Gráfico de Pareto de total de horas paradas por código de parada dos teares D2, D3 e D4

No

Gráfico 4, tem-se que as perdas mais significativas para o conjunto formado por D2, D3 e D4 são as trocas de bobinas (P21), as trocas de artigo (P08) e as trocas de lote (P24), todas pertencentes à classificação também T3.

Dessa maneira, fica claro que melhorias visando à redução dessas perdas têm alto potencial de impacto sobre a produtividade da área, aumentando a capacidade disponível dos equipamentos (a

variável A da Figura 13 – Componentes de decomposição do indicador $p_{\text{equipamentos}}$ (Figura adaptada de MUSCAT (1987)).

3.2.3 Perdas do processo atual em termos de transformação de materiais

Apesar do impacto na produtividade do tear por causa das paradas de troca de bobinas por razão de dispersão de metragem (P29) ser insignificante (ele aparece apenas no

Gráfico 4 – Gráfico de Pareto de total de horas paradas por código de parada dos teares D2, D3 e D4, e ainda como penúltimo motivo de causa), deve-se levar em conta que sua causa raiz, a variação de metragem das bobinas, é o principal motivo do não aproveitamento total de bobinas na tecelagem (perda F' na Figura 15 – Componentes de decomposição do indicador p materiais (Figura adaptada de MUSCAT (1987))).

Para ilustrar a ordem de grandeza do refugo ocasionado pela variação de metragem das bobinas, imaginemos um artigo tecido com 1500 fios, ou seja, utilizando 1500 bobinas, e com uma rigorosa, porém comum, especificação do cliente que permite apenas 5 costuras de fio num rolo de tela. Se, por exemplo, 10 bobinas acabarem antes das demais não será mais possível continuar o tecimento, pois a especificação do cliente não permitirá. Dessa forma, o rolo de tela deverá ser retirado naquele instante e 1490 bobinas que ainda têm fio sobrando terão que ser descarregadas. As perdas de tempo com descarregamento dessas bobinas e carregamento de novas são contabilizadas como tempo de troca de lote (código P24) como em outro lote qualquer.

Entretanto, se em média sobraem nessas bobinas 150 metros, que é uma estimativa aproximada da sobra – que, em termos absolutos, pode parecer muito, mas, em termos relativos, representa apenas 0,7% de uma bobina nova (que tem em média 22.000 metros) – serão 223.500 m (1490 bobinas x 150 metros) de fio refugado ou desclassificado. Isso equivale em massa a aproximadamente 105 kg em apenas 1 troca de lote ou artigo. Com base na média de quantidade de trocas dos meses de maio a julho, estima-se que ocorrem 40 trocas todos os meses em todos os teares D. Dessa forma, essa perda em material não aproveitado totalizaria cerca de 50,4 toneladas anuais.

Além do problema do refugo dessas sobras, a interrupção do tecimento pela dispersão de metragem pode também levar o produto final, o rolo de tela, a ser desclassificado por não ter comprimento dentro da especificação exigida pelo cliente.

Além dos impactos negativos à etapa de tecelagem citados aqui, obviamente, o refugo de bobinas representa uma importante perda de produtividade para as cableadoras, na etapa anterior, pois tempo e recursos de produção foram utilizados para produzir o material refugado ou desclassificado.

3.3 Alternativas para redução das perdas

De acordo com Werkema (1995, p.76):

“O princípio de Pareto também estabelece que um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas. Logo, se forem identificadas as *poucas causas vitais* dos *poucos problemas vitais* enfrentados pela empresa, será possível eliminar quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações.”

Pretende-se abordar da mesma maneira as perdas de disponibilidade de capacidade dos teares D dentro da classificação T3 buscando as “poucas causas vitais”.

Este trabalho se limitará, a princípio, a estudar em detalhe as trocas de artigo pelo fato destas trocas envolverem atividades que estão presentes em uma troca de lote ou uma troca de bobinas. Pretende-se assim estudar o caso mais complexo de troca e, se possível, procurar estender a operação das propostas de melhoria para os outros tipos de paradas.

Seguindo a mesma linha de pensamento, determina-se que a sub-categoria de teares D que deve ser analisada em detalhe neste trabalho é o conjunto de teares D2, D3 e D4, pelo fato destes teares em conjunto serem responsáveis pela maior parte das perdas e por D1 ser quase que exclusivamente dedicado a produzir um único artigo, tendo poucos *set-ups* (durante os meses de maio a julho de 2006 foram apenas 3 trocas de artigo em D1 contra 56 nos demais).

Assim, no próximo capítulo, o *set-up* no conjunto de teares D2, D3 e D4 será analisado com objetivo de se reduzir perdas de disponibilidade de equipamento em razão de paradas por trocas de artigo. Conforme já foi sugerido, o aprofundamento deste estudo pode partir da ampliação do objeto de análise (a análise de outras paradas além das paradas para troca de artigo) ou das sub-categorias de recursos (a análise da produtividade em outros tipos de teares).

Como não há sub-categorias de material utilizado, como diferentes materiais utilizados, para este recurso pretende-se fazer uma análise completa, explorando possibilidades de redução da má utilização de bobinas.

4 REDUÇÃO DE PERDAS POR *SET-UP*

Como introduzido anteriormente, este capítulo é dedicado à análise do processo atual de *set-up*, ou troca de artigo, no conjunto de teares D2, D3 e D4 visando à busca de alternativas para se reduzir estas perdas, que afetam a disponibilidade dos equipamentos.

É feito primeiramente um pré-estudo dos tipos de trocas de artigo que podem ocorrer e das principais etapas executadas nessas trocas a partir de relatos da equipe de produção e do estudo de métodos operatórios da área. Após esse pré-estudo, a autora partiu para a observação e cronometragem de um processo de troca de artigo, o que permitiu o detalhamento das etapas já conhecidas no pré-estudo e a construção de gráficos de atividades. As informações sobre os tempos de atividades coletadas serão úteis na simulação de outros casos de trocas de artigo.

Feita a observação e análise geral de etapas e atividades de uma troca de artigo, o presente estudo aplica a metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) de Shingo (1985) buscando possíveis soluções de melhoria.

4.1 Pré-estudo do processo atual de *set-up*

Um pré-estudo foi realizado para a determinação das principais etapas compreendidas numa troca de artigo. Para isso, foi estudado o método operatório da tarefa e operadores da área foram entrevistados e descreveram à autora as principais etapas realizadas.

A Figura 26 resume as etapas descobertas nesse estudo apresentando o fluxograma das etapas do processo atual de troca de artigo.

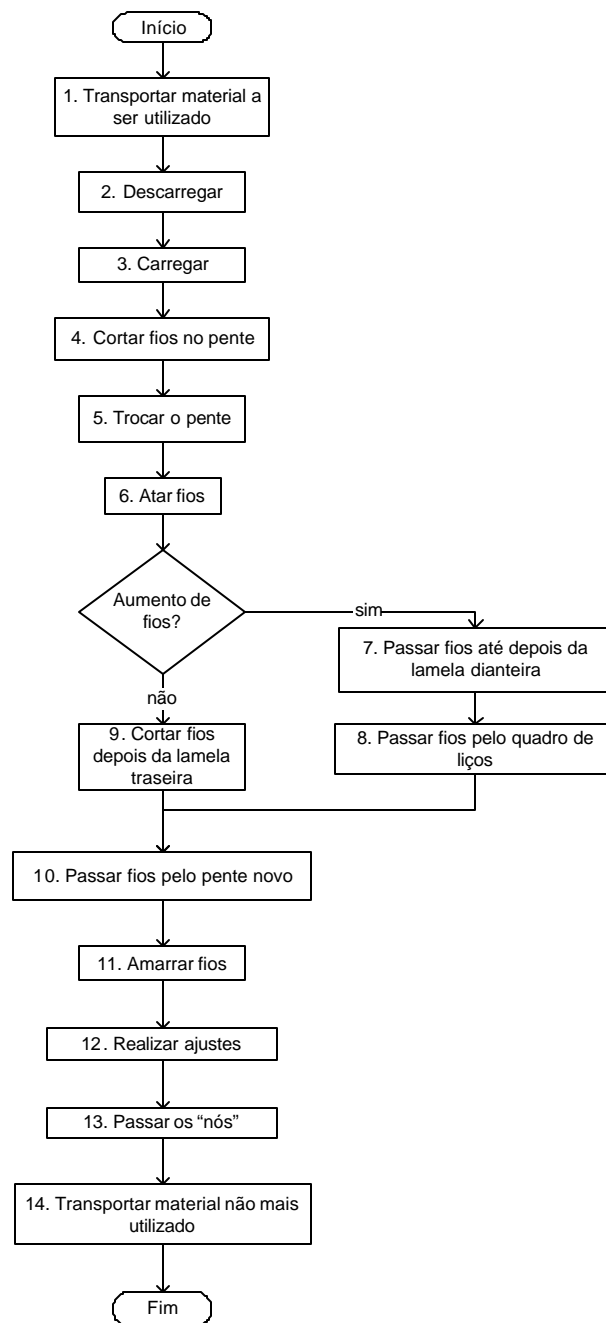


Figura 26 – Fluxograma das etapas do processo atual de troca de artigo

Este fluxograma pretende mostrar as grandes etapas de uma troca de artigo na sua ordem mais lógica e usual. Cada etapa está codificada por um número que visa a facilitar a identificação da etapa na sua futura análise.

Pode-se notar que há um bloco de decisão no fluxograma para verificar se há aumento de fios. Na troca de artigo, a diferença entre a quantidade de fios do artigo novo e do artigo antigo, isto é, o aumento ou a diminuição, é o único aspecto que pode diferir na definição do procedimento de troca. Assim sendo, existem 2 tipos de trocas de artigo.

Como relata a equipe, de acordo com sua experiência, uma troca de artigo com aumento de fios compreende as etapas 7 e 8 que são mais demoradas e trabalhosas que a etapa 9, que seria realizada numa troca com diminuição de fios.

As partes específicas do equipamento e os materiais mencionados no fluxograma da Figura 26 podem ser identificados na Figura 27 e na Figura 29.

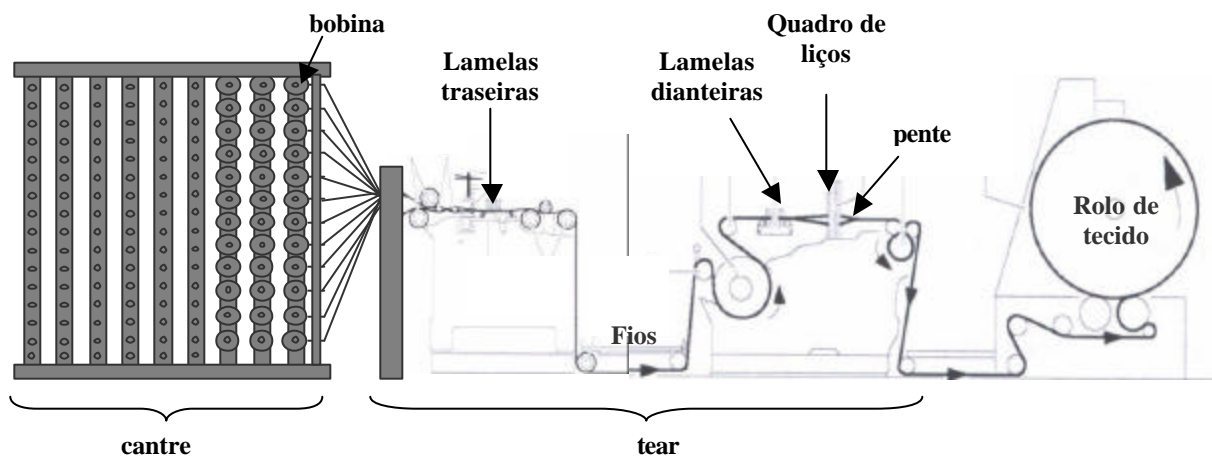


Figura 27 – Esquema de vista lateral do tear equipado com cantre (adaptado de figura de fonte interna)

Na Figura 27, pode-se visualizar algumas bobinas posicionadas nas cantres e os fios saindo das bobinas, percorrendo todo o tear. Os fios passam por cilindros e pelos dispositivos: lamelas, quadro de liços e pente, onde se mantêm ordenados pelas diminutas frestas dos mesmos (ver Figura 28), formando o rolo de tela, ou rolo de tecido, que é enrolado no final do equipamento.



Figura 28 – Fios em um pente de tear (fonte *site* www.picanol.be)

Como envolvem operações bastante específicas da indústria têxtil, apenas as etapas mencionadas no fluxograma da Figura 26 serão ilustradas da Figura 30 à Figura 35 com auxílio de esquemas da vista superior de um tear, sua cantre e materiais envolvidos (bobinas, fios e rolo de tela). Para algumas etapas, consideradas comuns a qualquer *set-up*, como as etapas 1 e 14 referentes ao transporte de material e a 12 referente a ajustes, não há necessidade de ilustração e, portanto, elas não serão apresentadas nas figuras.

Na Figura 29 há um esquema da vista superior do tear equipado com cantre mostrando como serão representados os equipamentos e materiais nos esquemas ilustrativos das trocas de artigo.

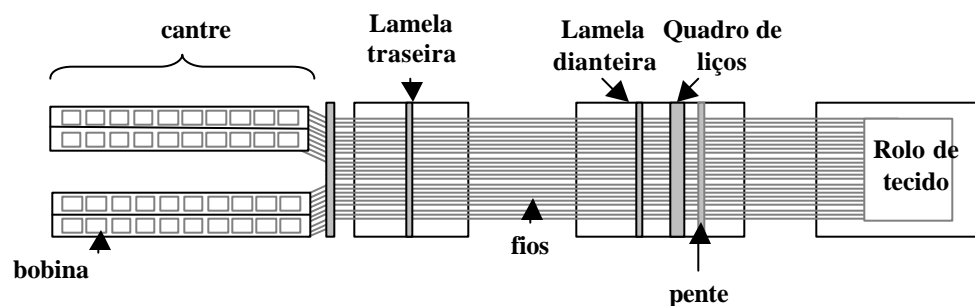


Figura 29 – Esquema da vista superior do tear equipado com cantre

4.1.1.1 Processo atual de troca de artigo com diminuição de fios

Da Figura 30 à Figura 32 é ilustrada uma troca de artigo com diminuição de fios. As bobinas, fios e pente indicando o artigo antigo são representados pela cor cinza e a cor verde representa o artigo novo da troca.

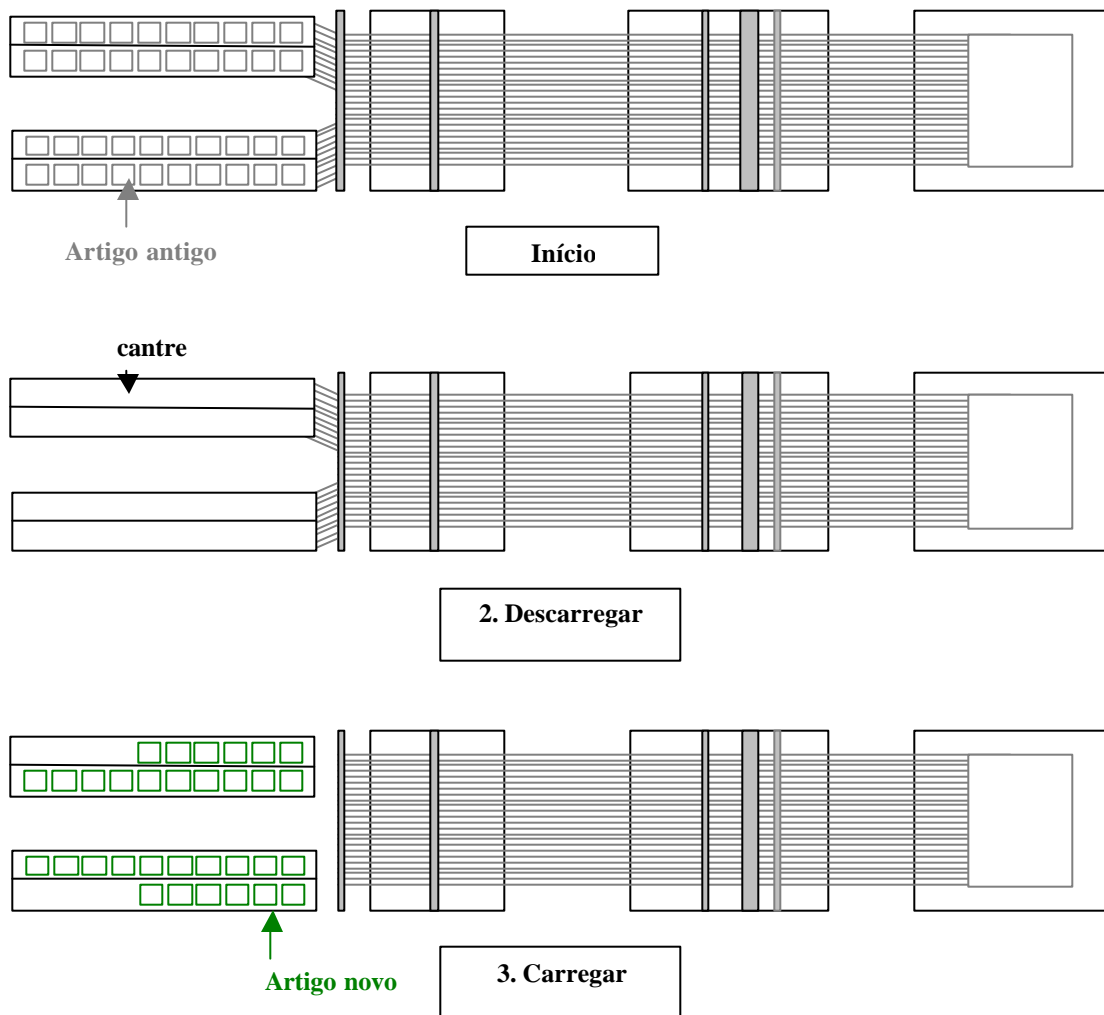


Figura 30 – Esquema do processo atual de troca de artigo com diminuição de fios (continua)

Na Figura 30, a cancre que inicialmente estava carregada com bobinas do artigo antigo é descarregada para a colocação de novas bobinas. Como se trata de uma diminuição de fios, a quantidade de bobinas colocadas é menor.

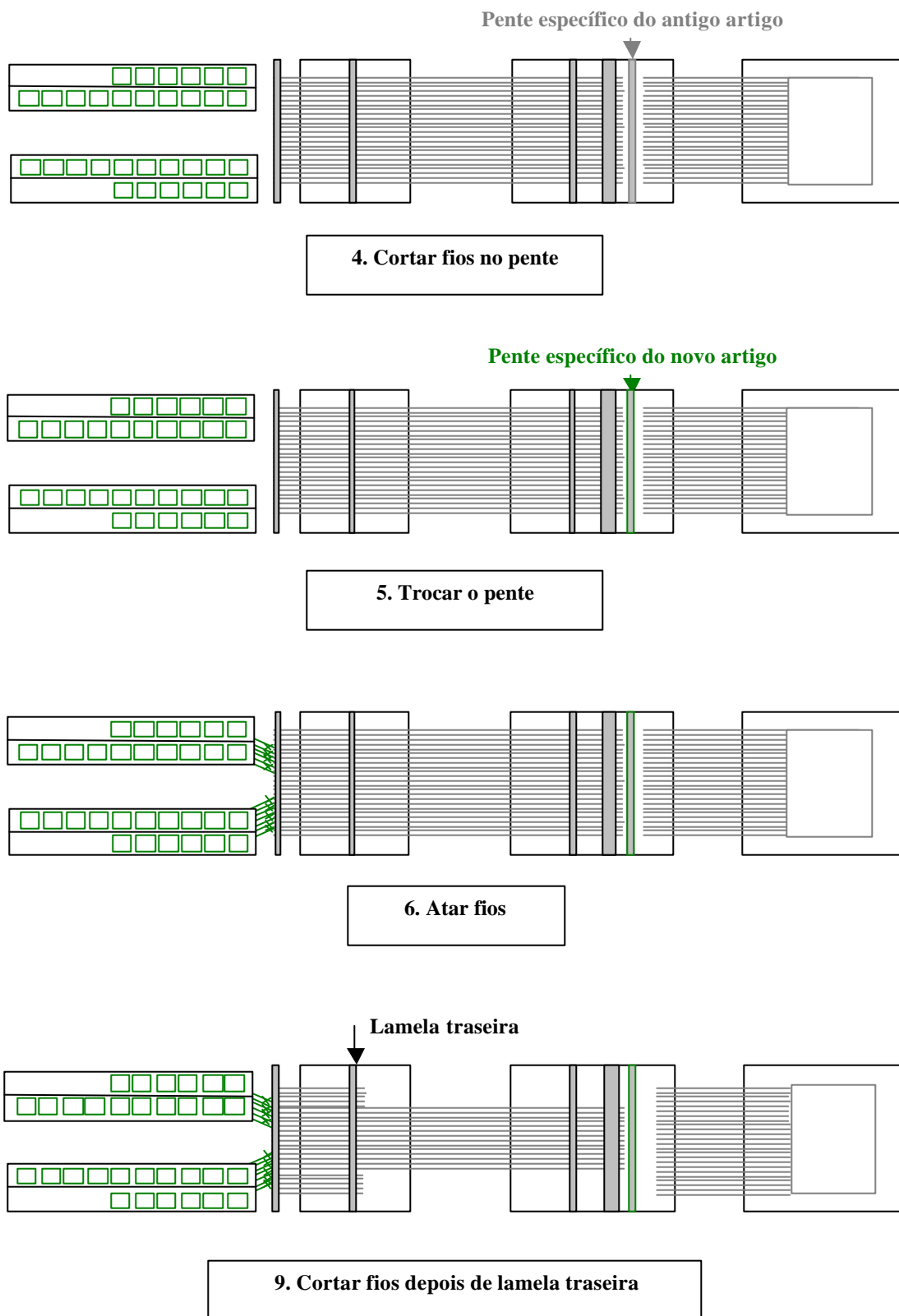


Figura 31 – Esquema do processo atual de troca de artigo com diminuição de fios (continuação)

Na Figura 31, ocorre a troca do pente, com a colocação de um pente específico para aquele artigo que será produzido.

Posteriormente, é executada a etapa 6 – Atar os fios, que consiste em dar um nó específico nos fios vindos das bobinas que acabaram de ser colocadas com os fios do artigo antigo que permaneceram no equipamento.

Na etapa 9, são cortados e refugados os fios remanescentes que não serão utilizados para o artigo novo, ficando apenas os centrais. Pode-se notar que alguns fios ainda permanecem nas laterais do tear, da cantre até a lamela traseira.

As etapas 7 e 8 são específicas de uma troca de artigo com aumento de fios e por essa razão não são mostradas nessa figura.

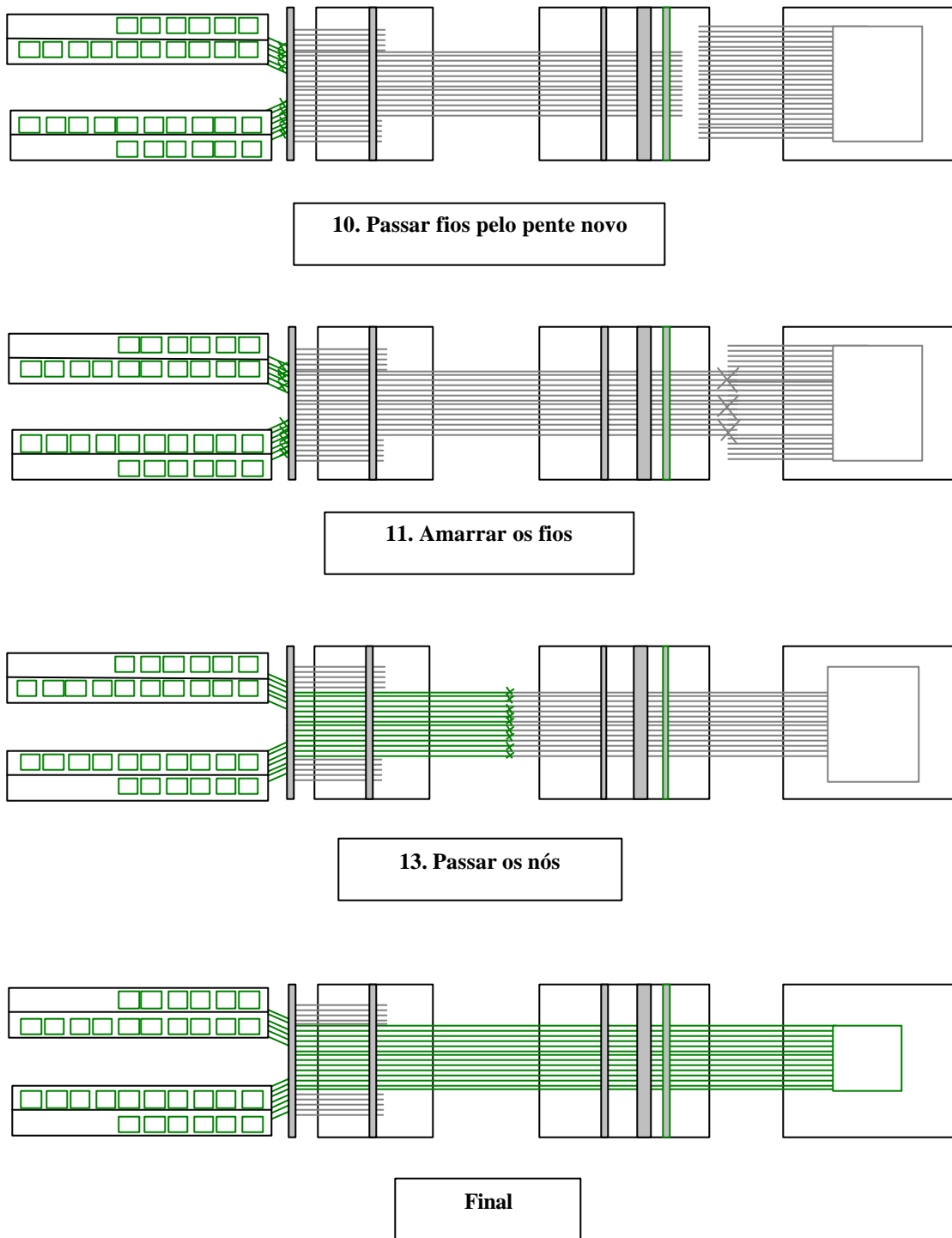


Figura 32 – Esquema do processo atual de troca de artigo com diminuição de fios (conclusão)

Na Figura 32, a etapa 10 é realizada por 2 pessoas e consiste em passar cada fio por uma “fresta”, chamada “pua”, do pente. Nesta etapa, enquanto um operador insere a agulha na pua o outro coloca o fio na agulha.

Na etapa 11, são amarradas mechas dos fios no tecido do rolo. Finalmente, após alguns ajustes (etapa 12, não ilustrada), a máquina é ligada e começa a puxar os fios das novas bobinas.

Após a passagem dos nós, etapa 13, o tear começa a operar normalmente na sua velocidade padrão.

4.1.1.2 Processo atual de troca de artigo com aumento de fios

Da Figura 33 à Figura 35 é ilustrada uma troca de artigo com aumento de fios. As bobinas, fios e pente indicando o artigo antigo são representados pela cor verde e a cor azul representa o artigo novo da troca.

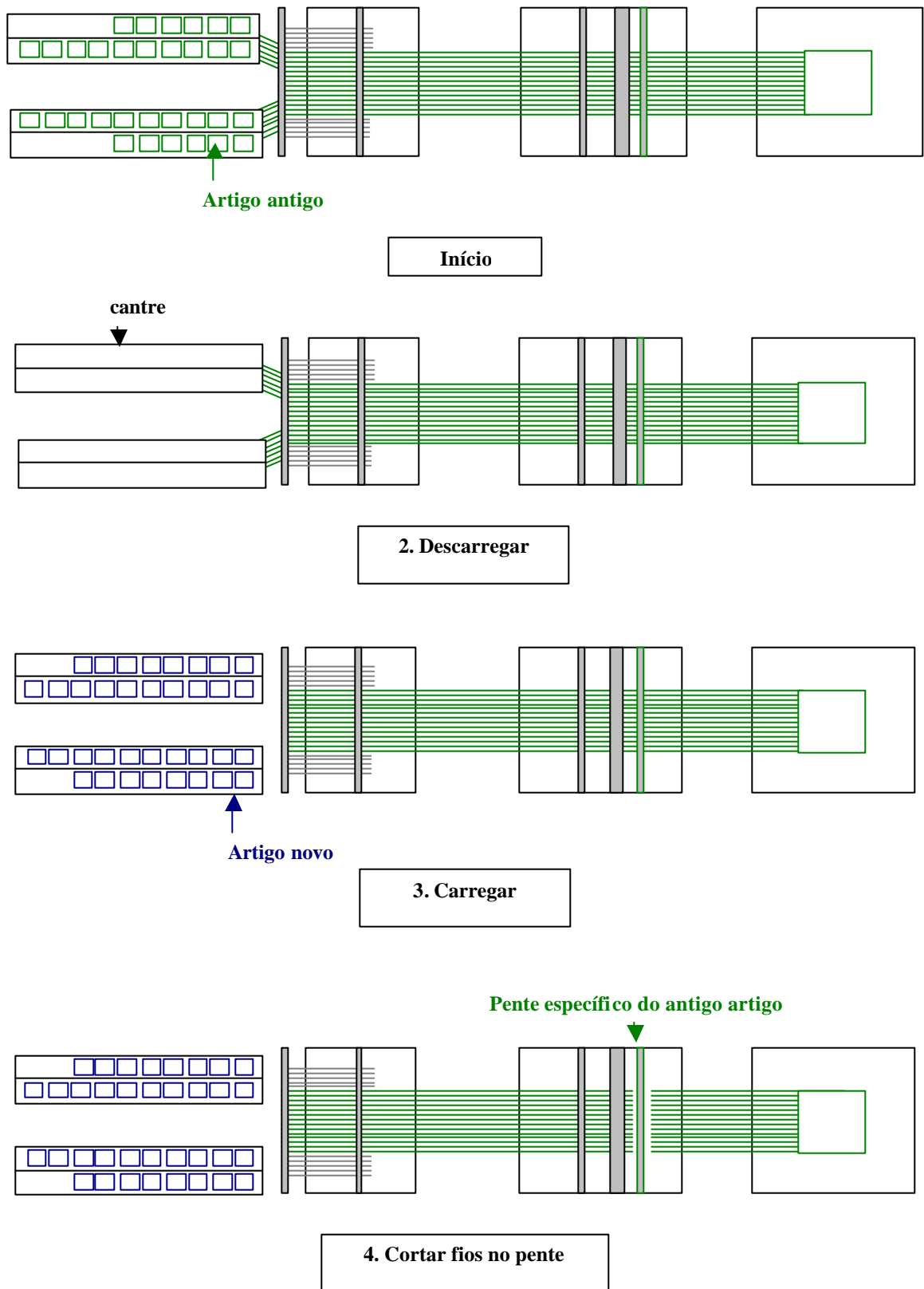


Figura 33 – Esquema do processo atual de troca de artigo com aumento de fios (continua)

Na Figura 33, da mesma maneira de uma troca de artigo com diminuição de fios, a cantre que inicialmente estava carregada com bobinas do artigo antigo é descarregada para a colocação de novas bobinas. Como se trata de um aumento de fios, a quantidade de bobinas colocadas é maior que a quantidade requerida pelo artigo precedente.

Na etapa 4, os fios são cortados para a posterior troca do pente.

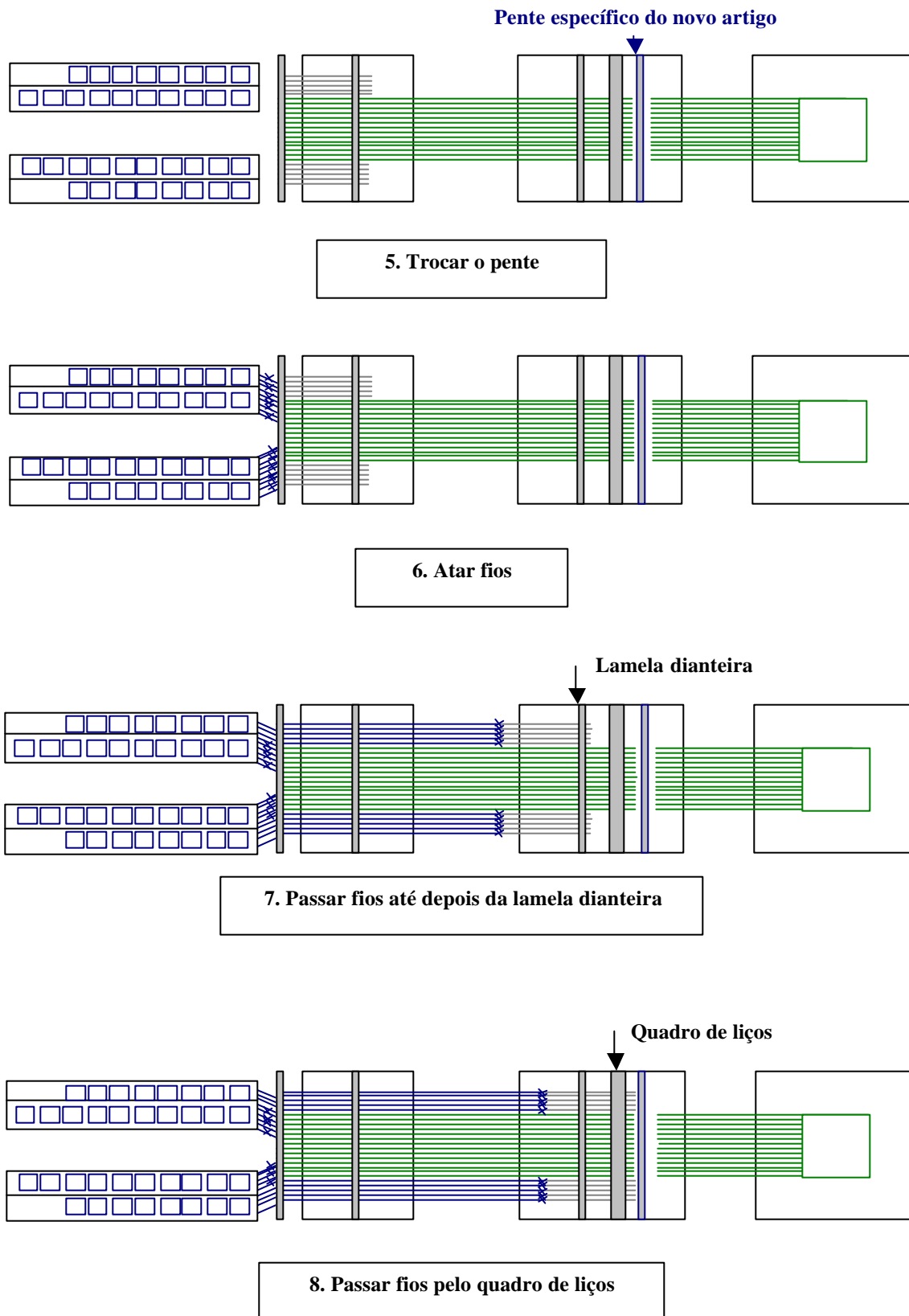


Figura 34 – Esquema do processo atual de troca de artigo com aumento de fios (continuação)

Na Figura 34, as etapas 5 e 6 de uma troca de artigo com aumento de fios são iguais às mesmas etapas numa troca com diminuição de fios.

Já na etapa 7, os fios presos na lateral do tear junto à lamela traseira devem ser levados até a lamela dianteira, passando por todos os cilindros dos teares, e também passados pela mesma, o que é realizado por 2 pessoas em operação similar à etapa 10 – Passar fios pelo pente novo, da Figura 32, explicada anteriormente.

A etapa 8 consiste em passar os fios pelo quadro de liços, semelhantes a agulhas, e é executada de maneira similar à etapa 10 também.

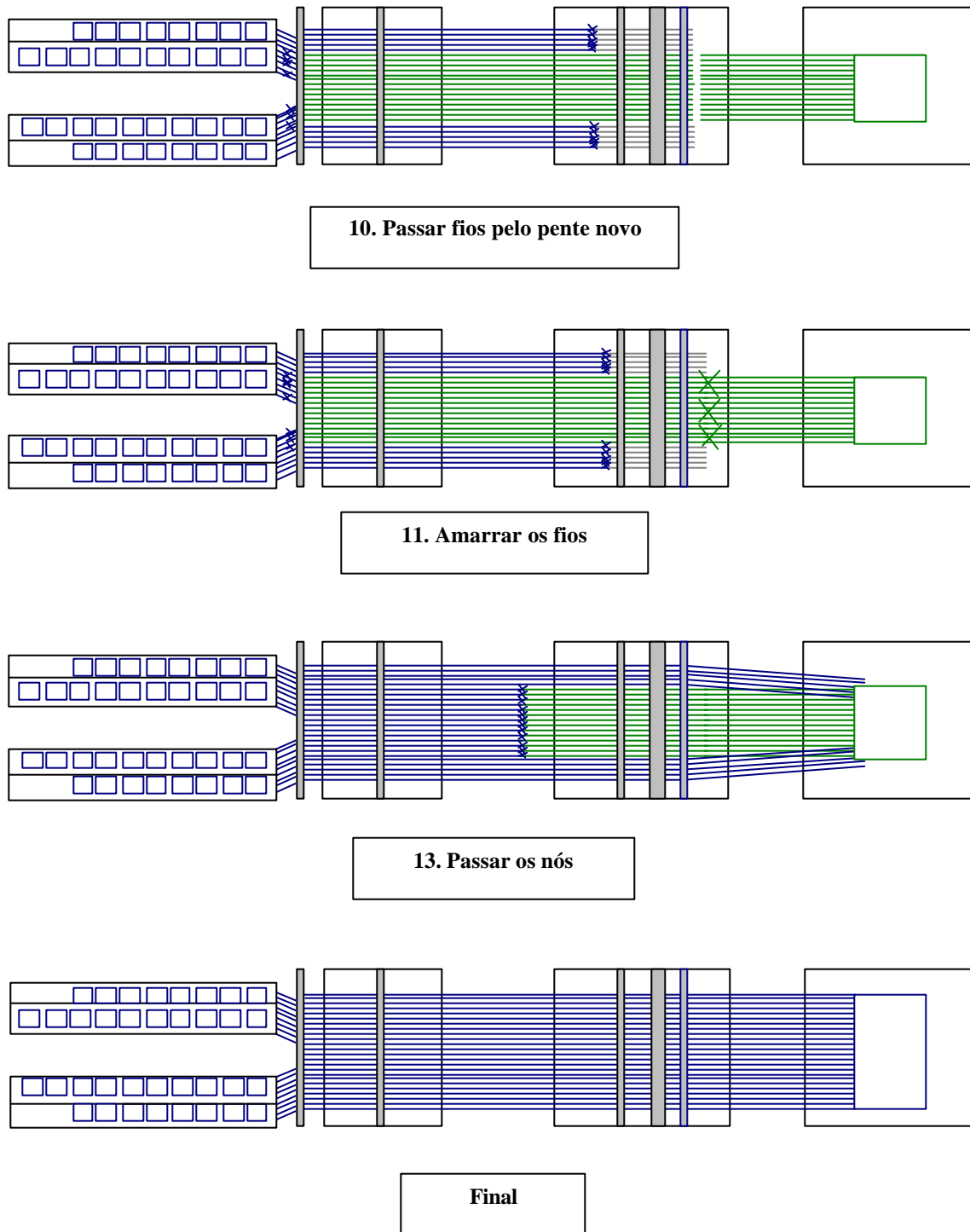


Figura 35 – Esquema do processo atual de troca de artigo com aumento de fios (conclusão)

A etapa 9 não é ilustrada na Figura 35 por ser uma etapa exclusiva de uma troca de artigo com diminuição de fios. As etapas 10, 11 e 13 são executadas da mesma maneira que numa troca com diminuição de fios, tal como explicadas anteriormente.

É importante ressaltar que muitas etapas podem ser e são executadas em paralelo, por exemplo, enquanto uma bobina vazia é descarregada da cantre do tear, uma bobina cheia pode ser carregada em outra parte da cantre que já tenha sido descarregada. O fluxograma e as ilustrações das etapas servem apenas para apresentar as operações executadas nas trocas de artigo, tendo caráter meramente descritivo.

A descrição da relação de tempo entre os executantes das etapas aqui apresentadas será dada posteriormente, com a observação e cronometragem de uma troca de artigo.

4.2 Observação do processo atual de *set-up*

Após o pré-estudo, no qual foram descritas as etapas do processo atual de *set-up*, partiu-se para a observação da execução efetiva dessas etapas.

Para fins dessa observação em campo, foi escolhida uma troca de artigo do tipo que exige aumento de fios. Esta decisão baseia-se no fato deste tipo de troca ser o mais complexo, com mais etapas, como evidencia a Figura 26 – Fluxograma das etapas do processo atual de troca de artigo.

O esforço necessário para se realizar uma observação dessa natureza – uma troca de artigo dura em média 5 horas segundo dados históricos da empresa – é a causa de se ter como amostra os dados de apenas 1 troca observada. Num aperfeiçoamento do estudo, seria preciso levantar dados médios mais precisos e significativos aumentando-se a amostragem, inclusive contemplando a atuação de diferentes turmas de operadores.

Entretanto, apesar da limitação deste estudo, acredita-se que essa observação seja suficiente para o propósito do presente trabalho, que é o de reunir informações detalhadas sobre o processo atual de *set-up* para uma posterior aplicação da metodologia SMED de Shingo (1985).

Dessa maneira, pela observação do processo atual de *set-up* serão levantadas informações sobre as atividades que compõem cada etapa da troca de artigo, o tempo de duração estimado de cada atividade e a relação de tempo entre as partes do trabalho.

4.2.1 Gráfico de atividades múltiplas

Para poder observar as atividades de um grupo de 13 participantes que atuam num processo de troca de artigo, a autora posicionou-se na frente do tear, para se ter uma ampla visão do que ocorria no equipamento e na sua cantre.

Como já se sabia pelo relato dos operadores que as atividades eram relativamente longas e repetitivas, foi dispensada uma cronometragem exata. Dessa forma, os tempos de cada atividade foram medidos em múltiplos de 5 minutos. Novamente, sugere-se que em um aperfeiçoamento do estudo, sejam disponibilizados mais observadores que possam cronometrar de maneira mais precisa as atividades que são realizadas simultaneamente.

Apenas as atividades internas, isto é, aquelas que são realizadas com a máquina parada, foram registradas neste levantamento. Entretanto, na posterior aplicação da metodologia SMED, as atividades externas serão também consideradas, mesmo que sua análise seja baseada em conceitos mais qualitativos que no tempo da atividade.

A ferramenta escolhida para reunir as anotações durante a observação é o gráfico de atividades múltiplas. Segundo Slack (1996, Apêndice 3), os gráficos de atividades múltiplas:

“São usados para registrar as atividades em função da mesma escala de tempo, representando o “diagrama de tempos” de cada recurso em função de cada um dos outros para facilitar a comparação”.

Os gráficos de atividades múltiplas são um tipo de gráfico de atividades e podem ter diferentes objetos de estudo de acordo com o processo observado como pode ser visto na

Figura 36 – Tipos de gráficos de atividades (MIYAKE [19--]).

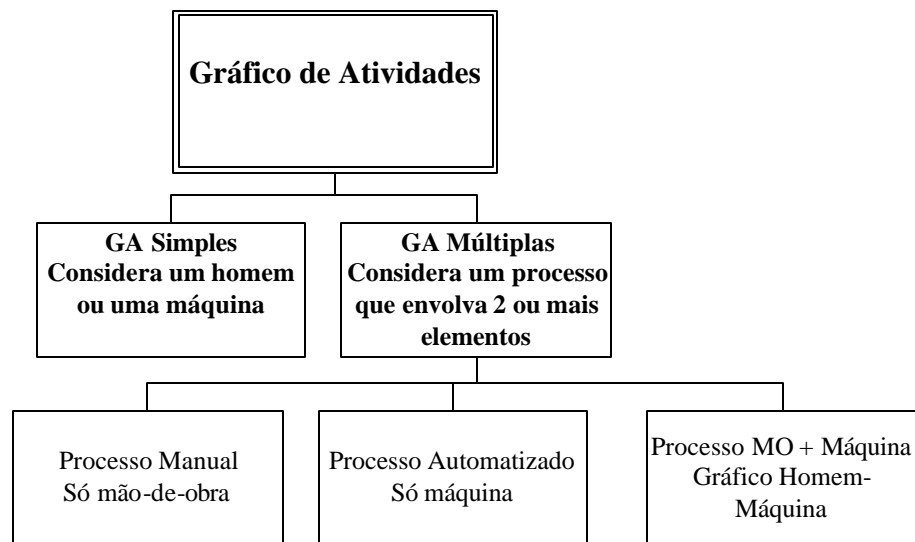


Figura 36 – Tipos de gráficos de atividades (MIYAKE [19--])

Dentre os tipos de gráficos de atividades múltiplas apresentados na Figura 36, foi escolhido o gráfico que envolve apenas a mão-de-obra pelo fato de se ter como objetivo apenas o registro das atividades de *set-up* interno, que são basicamente manuais.

A seguir, da Figura 37 à Figura 39 é apresentado o registro da observação realizada na forma de um gráfico de atividades múltiplas com 14 colunas de tempo.

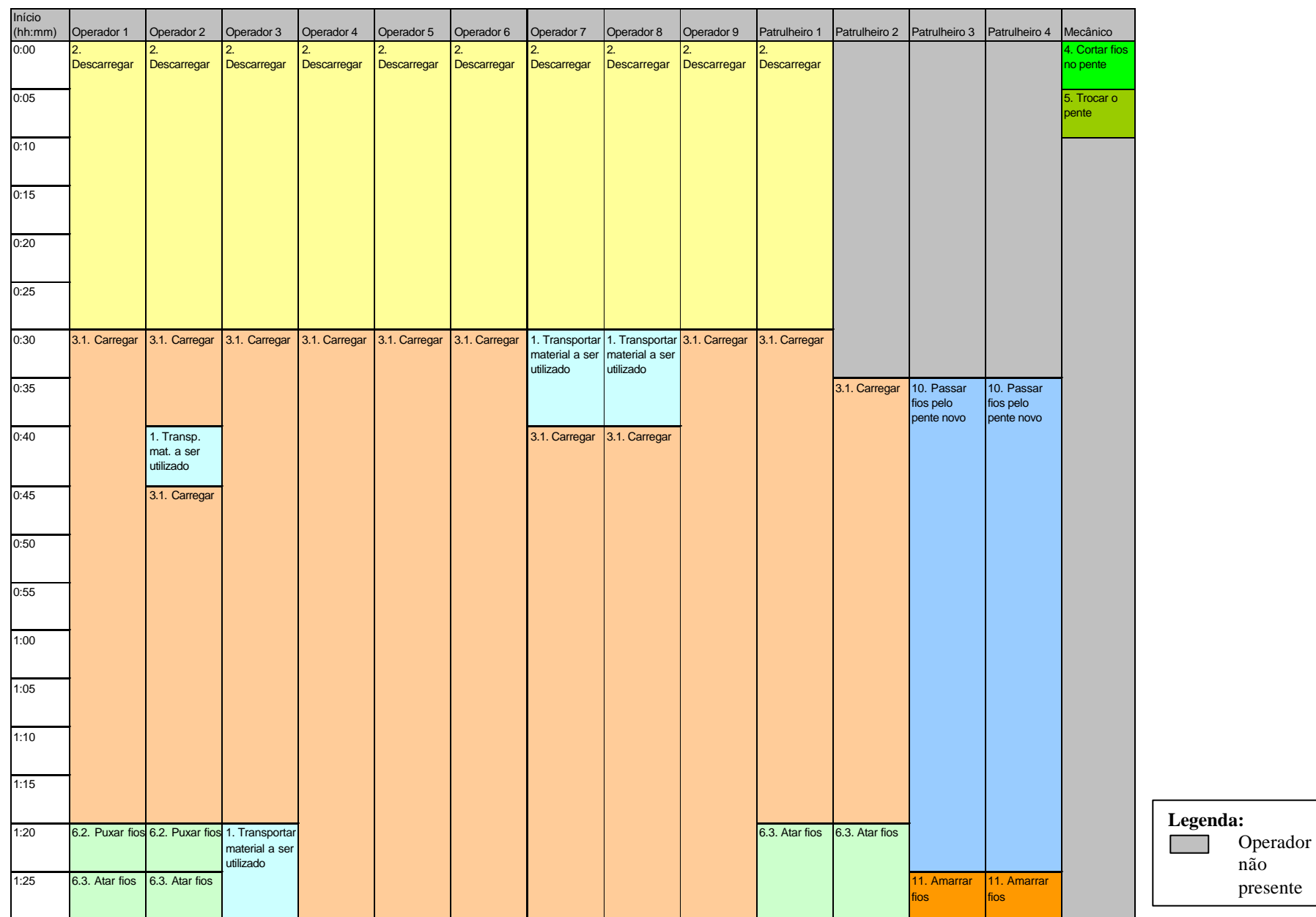


Figura 37 – Gráfico de atividades múltiplas do atual processo de *set-up* interno na troca com aumento de fios (continua)

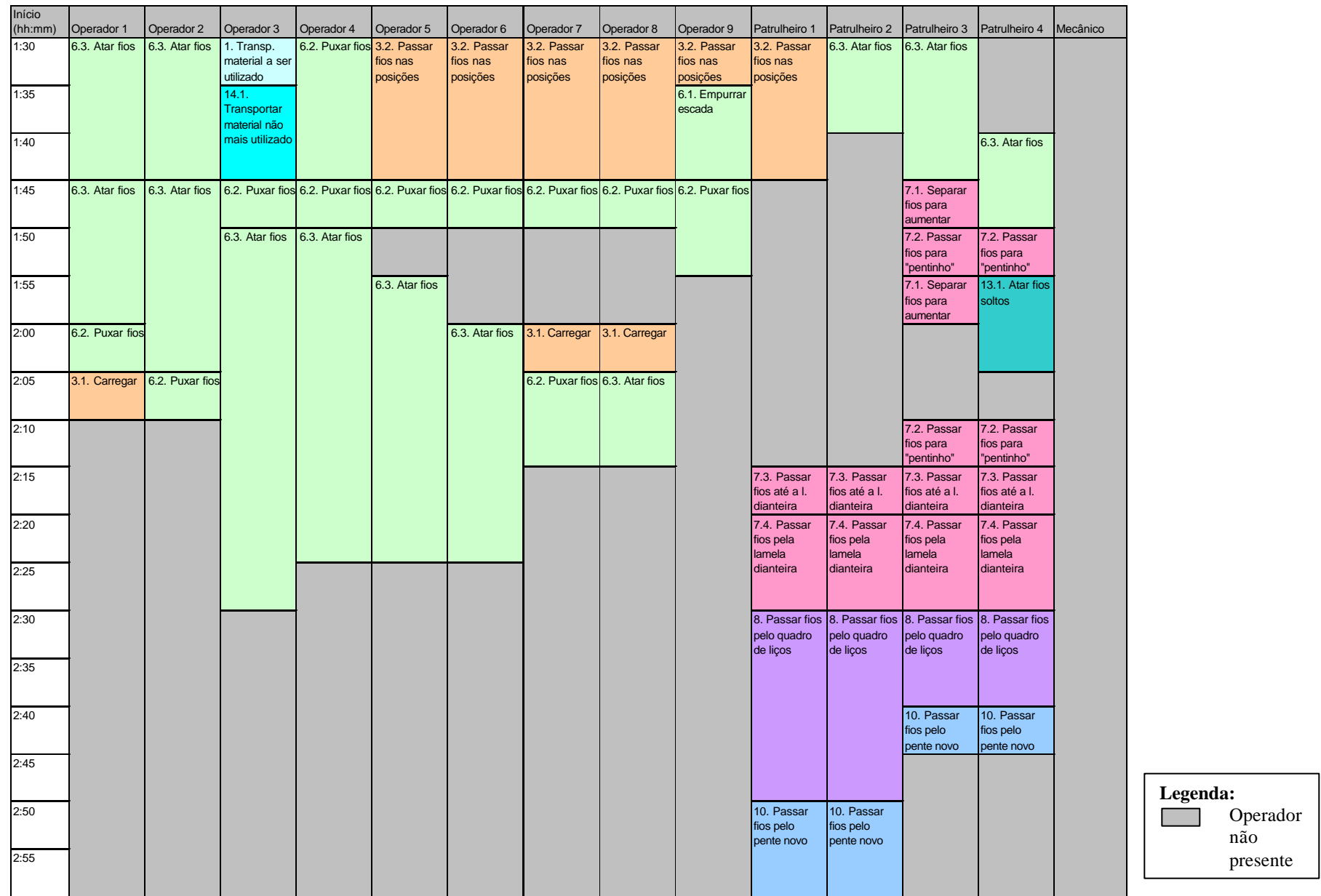


Figura 38 – Gráfico de atividades múltiplas do atual processo de *set-up* interno na troca com aumento de fios (continuação)

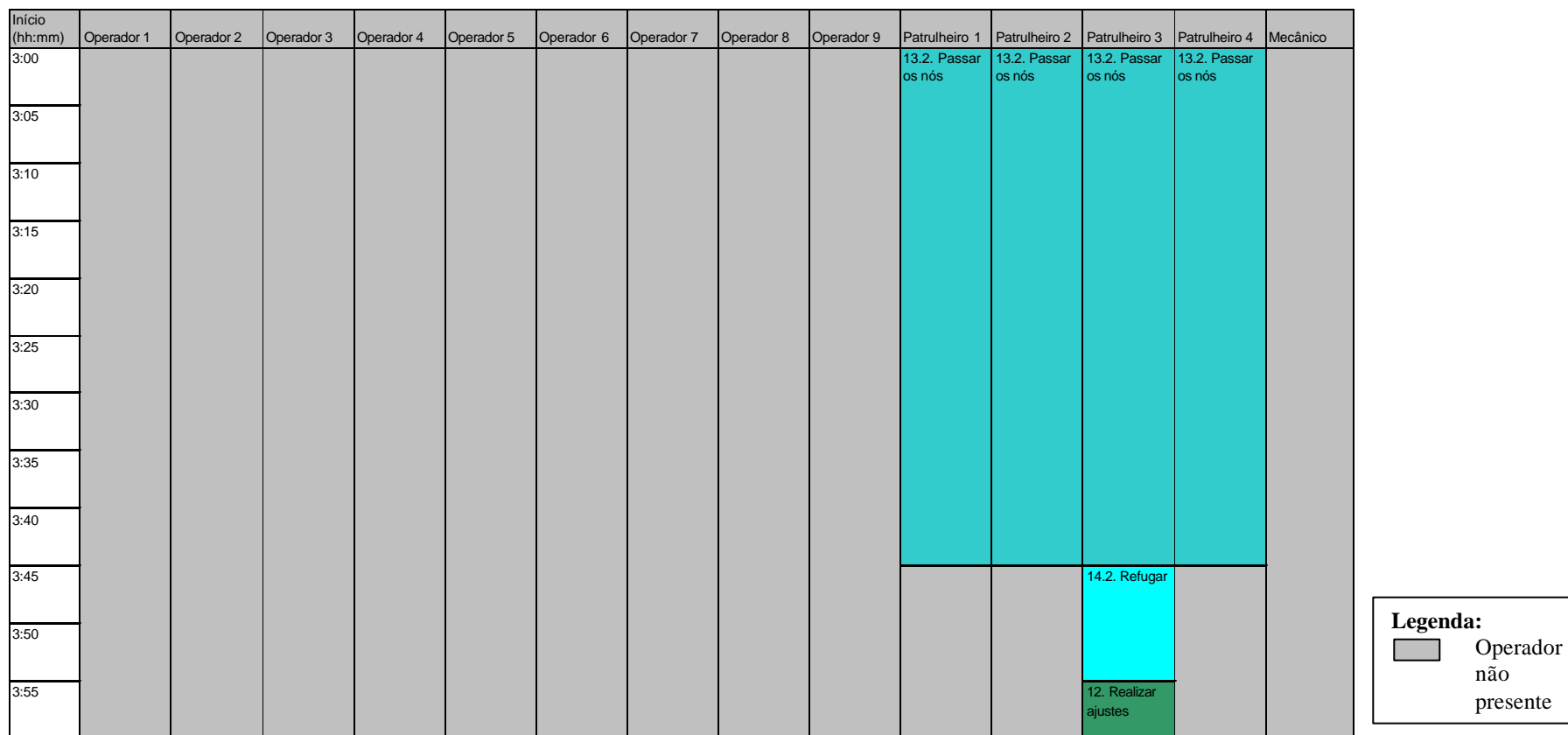


Figura 39 – Gráfico de atividades múltiplas do atual processo de *set-up* interno na troca com aumento de fios (conclusão)

A convenção para o gráfico de atividades múltiplas construído segue orientação de Miyake [19--]): os espaços de espera (cinza) são aqueles nos quais o operador está em ociosidade ou executando tarefa não definida.

Para facilitar a visualização das etapas no gráfico foi estabelecida também a convenção de cores apresentada na Tabela 4 que designa cada etapa.

Na troca de artigo observada foram aumentados 100 fios apenas de um artigo para o outro, o que é considerado razoavelmente rápido pelos executantes, ficando a máquina parada durante 3 horas e 55 minutos no total.

A troca observada pode ser considerada como um processo de *set-up* normal, visto que ela ocorreu sem grandes problemas, como, por exemplo, a quebra de algum dispositivo do equipamento. Houve apenas uma “quebra” no procedimento mais usual de realização da troca cerca de 2 horas após o início (Figura 38). Notou-se que não se tinha calculado corretamente o número de bobinas a colocar a mais na cantre e, neste caso, bastou apenas carregar algumas bobinas adicionais. Entretanto, caso se tratasse de uma troca com diminuição de fios, esse pequeno erro teria gerado retrabalho, já que bobinas teriam sido colocadas e retiradas inutilmente.

A troca foi realizada por uma equipe de tecelões experientes, chamados “patrulheiros do tear”, com a ajuda de 9 operadores, totalizando 14 pessoas, o que é o padrão de efetivo utilizado geralmente, segundo líder da equipe e coordenador de produção.

Ao acompanhar a troca de artigo, pôde-se perceber atividades específicas não relatadas no pré-estudo que tornam necessária a desagregação das etapas antes discutidas. A relação dessas atividades e as etapas às quais elas pertencem, além de uma descrição sucinta de cada atividade, é dada na Tabela 4.

Tabela 4 – Atividades da troca de artigo

Código etapa	Etapa	Código atividade	Atividade	Descrição
1	Transportar material a ser utilizado			Transporte de pallets com bobinas a serem carregadas, caixas de papelão vazias para colocação de material que será descarregado.
2	Descarregar			Descarregar tubetes de bobinas já utilizadas e sobras.
3	Carregar	3.1	Carregar	Carregar cantre com bobinas novas.
		3.2	Passar fios nas posições	Após a colocação da bobina no pino, o fio deve ser inserido num orifício na estrutura da cantre (ver foto na Figura 40).
4	Cortar fios no pente			Cortar fios que estejam inseridos no pente.
5	Trocar o pente			Substituir o pente específico do artigo antigo pelo do artigo novo.
6	Atar fios	6.1	Empurrar escada	Nas posições mais altas da cantre, um operador puxa os fios em cima de uma escada móvel que é empurrada por um ajudante.
		6.2	Puxar fios	É feita uma mecha com os fios das bobinas colocadas que é puxada até próxima ao tear para o atamento dos fios.
		6.3	Atar fios	Atar fios com um nó específico.
7	Passar fios até depois da lamela dianteira	7.1	Separar fios para aumentar	Contagem dos fios que devem ser passados para o "pentinho" (ver foto na Figura 41).
		7.2	Passar fios para "pentinho"	Os fios são colocados de maneira ordenada em um dispositivo chamado "pentinho", que os mantém. A atividade é realizada por duplas de operadores, enquanto um separa o fio, o outro o puxa com uma agulha.
		7.3	Passar fios até a lamela dianteira	O dispositivo chamado "pentinho" é passado pelos cilindros do tear e desenrola o fio nos últimos.
		7.4	Passar fios pela lamela dianteira	Passar fios pelo dispositivo lamela dianteira.
8	Passar fios pelo quadro de liços			Passar fios pelo dispositivo quadro de liços.
10	Passar fios pelo pente novo			Passar fios pelo pente novo.
11	Amarrar fios			Amarrar fios com um nó simples nas mechas de fio depois do pente e fios do rolo a ser retirado.
12	Realizar ajustes			Realizar ajustes de velocidade, etc.
13	Passar os nós	13.1	Atar fios soltos	Alguns nós se desfazem ao se tentar passá-los pelo tear e necessitam ser refeitos.
		13.2	Passar os nós	Passar os nós por todo o tear.
14	Transportar material não mais utilizado	14.1	Transportar material não mais utilizado	Transportar material não mais utilizado
		14.2	Refugar	Refugar material que não pode ser reaproveitado.

Algumas atividades também podem ser compreendidas melhor com auxílio da Figura 40 e da Figura 41.



Figura 40 – Orifício para a atividade 3.2 – Passar fios nas posições

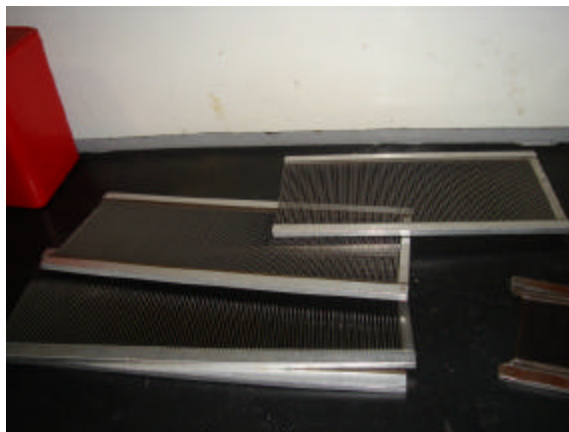


Figura 41 – "Pentinhos" , dispositivos utilizados na etapa 7

A seguir, na seção 4.2.2, é feita a análise das atividades apresentadas e do gráfico de atividades múltiplas.

4.2.2 Análise das atividades observadas

O Gráfico 5 – Gráfico de Pareto dos tempos de atividades observadas no processo atual de troca de artigo com aumento de fios – foi construído com os totais de homens x hora obtidos na observação do atual processo de *set-up* interno na troca de artigo com aumento de fios.

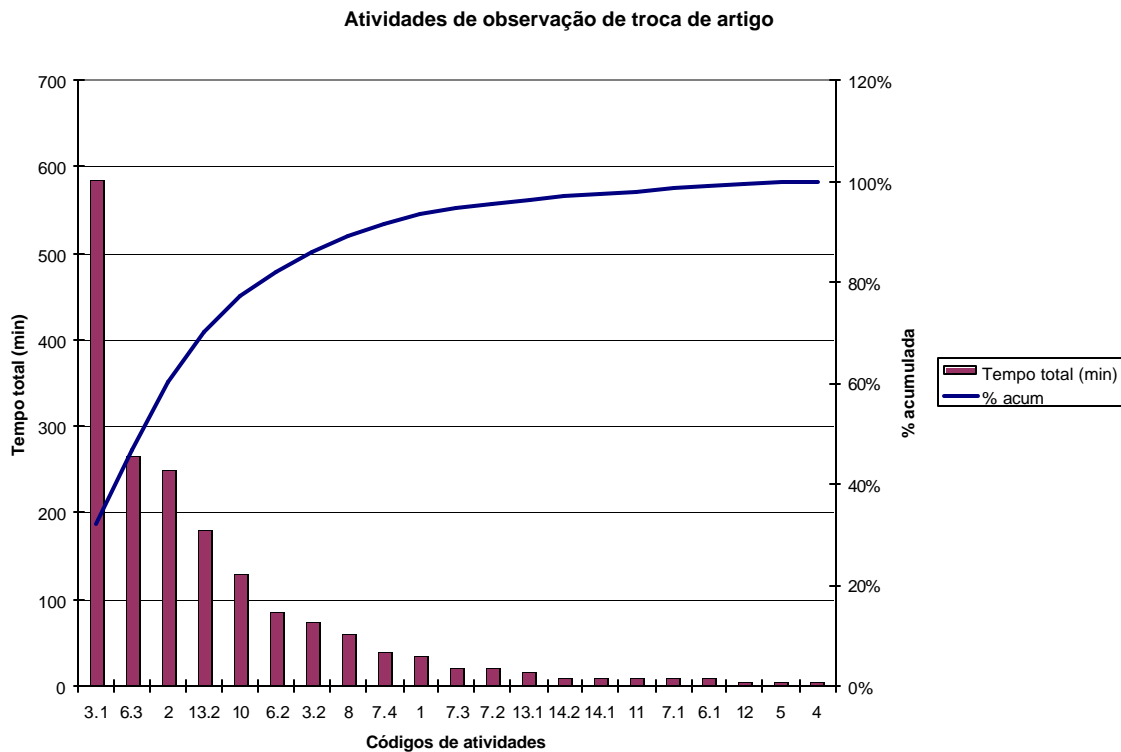


Gráfico 5 – Gráfico de Pareto dos tempos de atividades observadas no processo atual de troca de artigo com aumento de fios

Pelo gráfico de atividades múltiplas pode-se perceber que as atividades mais dispendiosas são o carregamento, o atamento e o descarregamento de bobinas (códigos 3.1, 6.3 e 2), o que é confirmado pelo Gráfico 5 – Gráfico de Pareto dos tempos de atividades observadas no processo atual de troca de artigo com aumento de fios. Tenta-se reduzir as perdas em disponibilidade de equipamento devido à parada para este *set-up* interno concentrando o maior número disponível de pessoas nestas tarefas. Assim, embora a responsabilidade pela execução das mesmas seja da equipe de operadores do chamado grupo de “virada”, que realiza as trocas de artigo e de lote,

essas atividades também podem ser executadas pelos tecelões, os “patrulheiros” das máquinas, como pode ser visto na Figura 37.

Enquanto estas tarefas podem ser agilizadas com um contingente maior de pessoas, outras atividades, executadas diretamente no tear, permitem a atuação de no máximo 2 duplas como mostra esquema na Figura 42. Este é o caso das atividades 13.2, 10, 8 e 7. Além do espaço físico limitado, a experiência necessária para estas atividades limita a atuação de um número maior de pessoas.

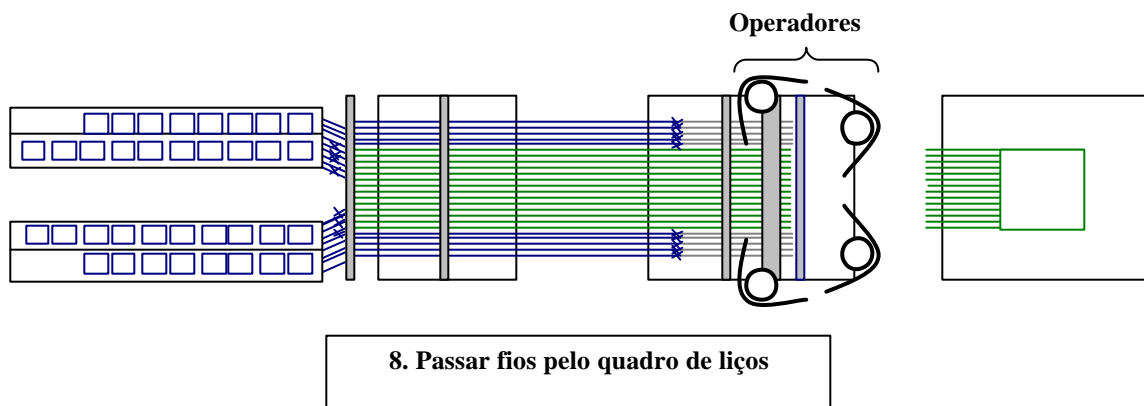


Figura 42 – Esquema do posicionamento de operadores na realização de atividades no tear

Pode-se separar a troca então em 2 fases de naturezas distintas. Do início da troca até 2 horas e 20 minutos depois (Figura 37 e Figura 38), as atividades na cantre e tear seguem em paralelo e consegue-se reduzir o tempo de máquina parada disponibilizando mais mão-de-obra. Após finalizado o trabalho na cantre (Figura 38 e Figura 39), o grupo de “virada” retoma outras atividades e apenas os patrulheiros prosseguem com a troca, num tempo aparentemente fixo, que não pode ser diminuído com mais mão-de-obra.

4.3 Separação: *set-up* interno X *set-up* externo

A diferenciação das atividades de *set-up* é a primeira fase da aplicação da metodologia SMED de Shingo (1985). O objetivo com a separação das atividades de *set-up* dessa maneira é identificar aquelas que poderiam ser feitas externamente, ou seja, durante o funcionamento da máquina mas não são.

Tipicamente, atividades de transporte de ferramentas e materiais necessários são listadas como atividades de *set-up* a serem feitas externamente (THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 1996).

Outras sugestões de técnicas práticas para se separar atividades externas e as realizar durante o funcionamento da máquina são dadas por The Productivity Press Development Team (1996):

- ? *Check-lists* para se verificar antes do *set-up* se todos os elementos necessários, como ferramentas, pessoal e valores de referência estão prontos. Essa ação evitaria erros durante a troca;
- ? *Function checks*: checagens feitas antes do *set-up* para verificar se as peças a serem colocadas no equipamento estão em bom estado. Evitariam-se assim perdas de tempo decorrentes da reparação de uma peça danificada.

4.3.1 Processo atual em termos de separação de *set-up* interno e externo

Na Tabela 5, é feita a classificação das atividades do atual processo de *set-up* em internas e externas na coluna “Tipo de atividade” e se discute se as atividades que são de *set-up* interno poderia ser realizadas externamente.

Tabela 5 – Separação de atividades do atual processo de *set-up* em internas e externas

Código atividade	Atividade	Tipo de atividade	Atividade poderia ser realizada externamente?
1	Transportar material a ser utilizado	E	
2	Descarregar	I	Não
3.1	Carregar	I	Não. Em aumentos de fios seria possível carregar as bobinas a mais antes da parada do tear. Mas haveria risco de mistura de fio, que poderia comprometer o produto final.
3.2	Passar fios nas posições	I	Não
4	Cortar fios no pente	I	Não
5	Trocar o pente	I	Não
6.1	Empurrar escada	I	Não
6.2	Puxar fios	I	Não
6.3	Atar fios	I	Não
7.1	Separar fios para aumentar	I	Não, por motivo de segurança. O operador poderia sofrer acidente com as mãos ao manusear os fios que estivesse contando.
7.2	Passar fios para "pentinho"	I	Não
7.3	Passar fios até a lamela dianteira	I	Não
7.4	Passar fios pela lamela dianteira	I	Não
8	Passar fios pelo quadro de liços	I	Não
9	Cortar fios depois da lamela traseira	I	Não
10	Passar fios pelo pente novo	I	Não
11	Amarrar fios	I	Não
12	Realizar ajustes	I	Não
13.1	Atar fios soltos	I	Não. Fios soltos surgem no momento do atamento.
13.2	Passar os nós	I	Não
14.1	Transportar material não mais utilizado	E	
14.2	Refugar	I	Não

Devido à necessidade de assegurar a segurança e qualidade do produto, o processo de *set-up* observado não possui nenhuma atividade que poderia ser executada externamente além das de transporte de materiais.

Segundo a coordenação de produção da área, as atividades de transporte são sempre que possível executadas externamente, realizando o transporte de matéria prima e materiais necessários antes da parada do tear. Entretanto, muitas vezes a falta de espaço na área limita a execução dessas atividades de modo que alguns *pallets* com bobinas acabem sendo trazidos obrigatoriamente durante o *set-up* interno. Em uma troca de artigo em que sejam necessárias 1500 bobinas, por exemplo, é preciso transportar 27 *pallets* (cada *pallet* comporta 55 bobinas).

Na Figura 43, o *layout* da fábrica está esquematizado e mostra o espaço limitado próximo aos teares para armazenagem de material antes da troca de artigo. A melhor saída para evitar isso seria mudanças de *layout*, que são inviáveis nas condições atuais.

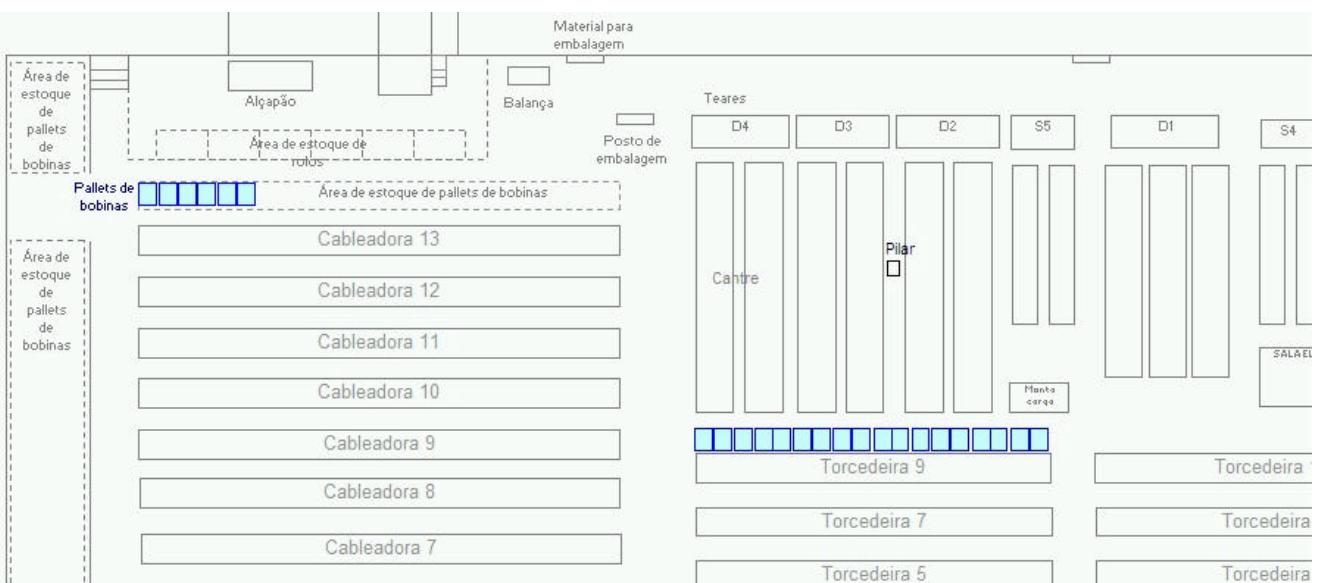


Figura 43 – Esquema do *layout* da fábrica com *pallets* de bobinas posicionados próximos aos teares

Ainda de acordo com a coordenação, o transporte de sobras de fio, refugo e outros materiais também é feito externamente, depois do funcionamento do tear. Vale ressaltar também que, mesmo que fosse feita internamente pelos operadores, essa atividade de transporte não causaria

perdas, pois estaria sendo feita durante as atividades dos patrulheiros de final da troca (ver Figura 39).

No entanto, apesar das atividades de transporte já serem, na maioria das vezes, executadas externamente, ainda há casos especiais em que atividades poderiam ser realizadas externamente e não são. Entre as cantres do tear D2 e do D3, há um pilar, como esquematiza a Figura 43, que impede a passagem da paleteira com *pallet* de bobinas a serem carregadas na cantre. Assim, em toda troca, tanto de lote quanto de artigo, deve-se retirar bobinas do pallet e transferi-las para um carrinho para só então se poder passar com este pelo pilar para iniciar a atividade de carregamento. Esse excesso de manuseio de material não agrega valor ao produto final e representa desperdício de recursos de mão-de-obra, mesmo que não resulte em maior tempo de máquina parada.

4.3.2 Discussão de alternativas de melhoria

Uma solução para o caso do tear D2, seria a colocação de bobinas nos carrinhos diretamente na saída destas das máquinas cableadoras antes da troca. Em uma troca com o carregamento de 1500 bobinas, 344 são colocadas na lateral da cantre junto ao pilar que impede a passagem da paleteira. Como em cada carrinho cabem 25 bobinas, seria, portanto, necessária a preparação de 14 carrinhos com bobinas pela equipe das cableadoras.

Essa solução evitaria o retrabalho, mas exigiria a aquisição de mais 12 carrinhos e espaço para sua armazenagem, o que, no momento, seria impraticável. Uma alternativa para a falta de espaço seria a aquisição de gaiolas mais altas, ao invés dos atuais carrinhos, que possibilitem o aproveitamento do espaço vertical, que é aplicação um dos princípios de movimentação e armazenagem de materiais.

Além dessa tarefa, a autora nota que o transporte de ferramentas não é feito com antecedência. Mesmo que de baixo impacto, ações como essa poderiam simplificar o processo de *set-up*. Como

sugestões de atividades de transporte de ferramentas que poderiam ser realizadas antes do início do *set-up*, pode-se listar:

- ? Providenciar escada para atamento;
- ? Trazer “pentinho” e agulhas para próximo do tear.

Com relação às técnicas sugeridas por The Productivity Press Development Team (1996), apesar de não haver formalmente um *check-list* de materiais necessários para a troca, essa verificação já é feita pelo líder da equipe, que, conhecendo o cronograma de trocas de artigo, verifica se há matéria-prima suficiente para a troca e organiza sua equipe operacional, negociando com ela horas extras e mesmo horários de almoço. Quanto à verificação de peças que poderiam estar danificadas no momento da troca, apenas o pente deve ser verificado. Sendo assim, não são necessárias verificações do tipo *function check* além do controle geral de peças feito pelo mecânico responsável.

4.4 Transformação de *set-up* interno em externo

Dentro da 2ª etapa de aplicação da metodologia SMED, The Productivity Press Development Team (1996) destaca as seguintes técnicas para se externalizar as atividades de *set-up* interno:

- ? Preparação antecipada das condições de *set-up*: Condições como, por exemplo, temperatura, pressão ou posição de peças a serem trocadas;
- ? Padronização de funções essenciais: Padronizar, segundo The Productivity Press Development Team (1996) significaria manter qualquer parâmetro igual em uma troca. Como exemplo, os autores citam calços colocados em peças de moldagem para padronizar a altura de peças a serem colocadas na máquina, tornando desnecessárias as regulagens de altura da máquina;
- ? Utilização de peças intermediárias, de dimensões padronizadas, mais fáceis de serem trocadas: Por exemplo, antes do *set-up*, o molde ou a peça a ser trocada, seria colocado e centralizado numa peça intermediária. Durante o *set-up*, o conjunto todo seria apenas montado na máquina.

4.4.1 Discussão de alternativas de melhoria

Apesar das técnicas sugeridas serem mais aplicáveis em outras indústrias, o princípio da técnica de utilização de peças intermediárias poderia ser aplicado no presente estudo.

A peça intermediária no caso seria um dispositivo onde pudessem ficar os fios das laterais que são aumentados em uma troca de artigo com aumento de fios. Essa peça poderia ser uma mangueira ou uma espécie de capa tubular, onde no seu interior ficariam esses fios. De maneira diferente do exemplo dado por The Productivity Press Development Team (1996), o conjunto peça intermediária mais peça a ser colocada, isto é, capa mais fios, não seria montado antes do *set-up* e depois colocado na máquina, o conjunto já ficaria na máquina. Assim, a capa ficaria presa à carcaça do tear mantendo os fios em seu interior e deixando-os afastados dos cilindros.

No momento da troca, seria necessário apenas soltar os fios a aumentar da capa e eles já estariam colocados no tear atravessando as lamelas dianteiras.

Como pode ser visto na Figura 32 – Esquema do processo atual de troca de artigo com diminuição de fios (conclusão), após uma troca com diminuição de fios, sobram fios nas laterais do tear, também destacados na Figura 44.

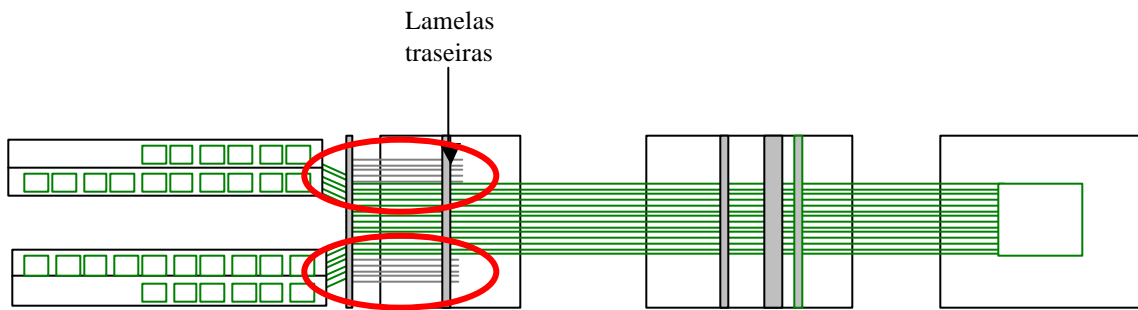


Figura 44 – Fios que sobram no tear após troca de artigo com diminuição de fios

Estes fios ficam fixos entre a cantre e as lamelas traseiras sobre os cilindros traseiros do tear, que têm pouca tração, como na Figura 45.

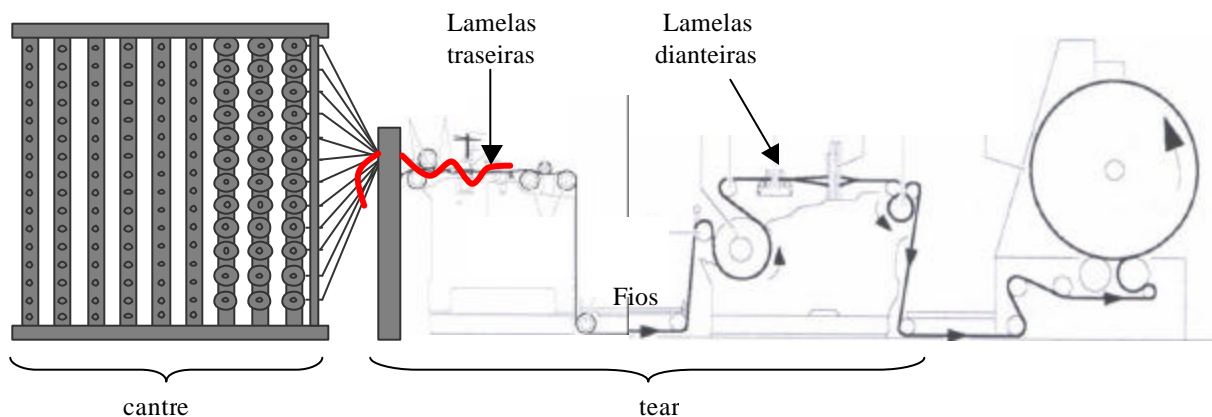


Figura 45 – Disposição de fios laterais no tear no processo atual

A proposição feita é que os fios que sobram continuem no equipamento, no interior de uma peça intermediária, a capa, como mostra a Figura 46.

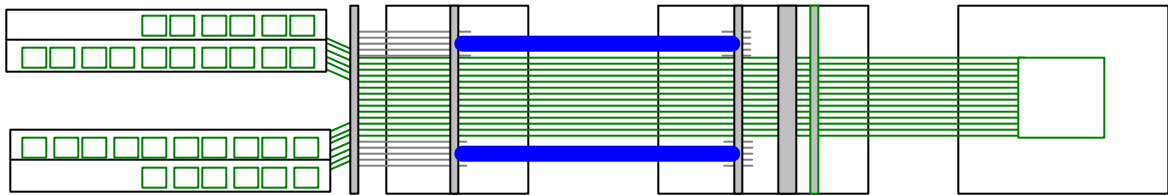


Figura 46 – Fios que sobram no tear após troca de artigo com diminuição de fios dentro de capa

Os fios ficariam dentro de uma capa flexível, que percorreria o tear das lamelas traseiras às dianteiras, como mostra a Figura 47. Por meio de hastes presas à carcaça da máquina, a capa com os fios não entraria em contato com os cilindros da máquina, que girariam livremente.

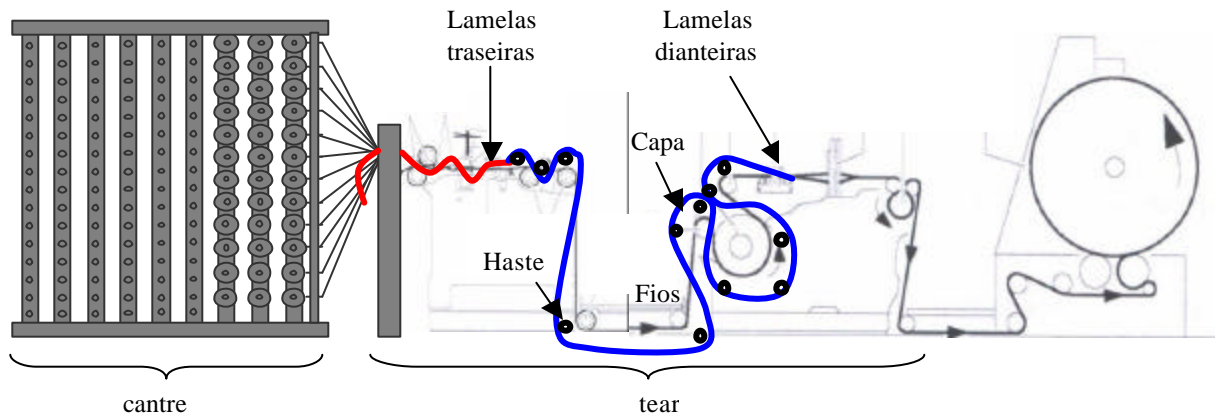


Figura 47 - Esquema de disposição de fios laterais dentro de capa

Dessa maneira, em uma troca de artigo com aumento de fios, a etapa 7 - Passar fios até depois da lamela dianteira, que engloba atividades 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4, seria praticamente eliminada, já que os fios já estariam posicionados até depois da lamela dianteira e só restaria a atividade 7.1 a executar.

As outras etapas continuariam iguais, como mostra o Apêndice A – Esquema de processo de troca de artigos com aumento de fios após melhoria.

4.4.2 Ganhos potenciais com alternativa de melhoria

A redução de perdas em disponibilidade de equipamento com eliminação das atividades 7.2, 7.3 e 7.4 pode ser estimada através de um rearranjo de atividades. A simulação feita a seguir elimina essas atividades e mantém inalterados os tempos em homens x hora de duração das demais atividades apresentadas da Figura 37 à Figura 39, assim como a disposição desses tempos no gráfico de atividades. Apesar de teórico, acredita-se que o processo de *set-up* após a melhoria não seria muito diferente do mostrado na Figura 48 e na Figura 49, sua continuação.

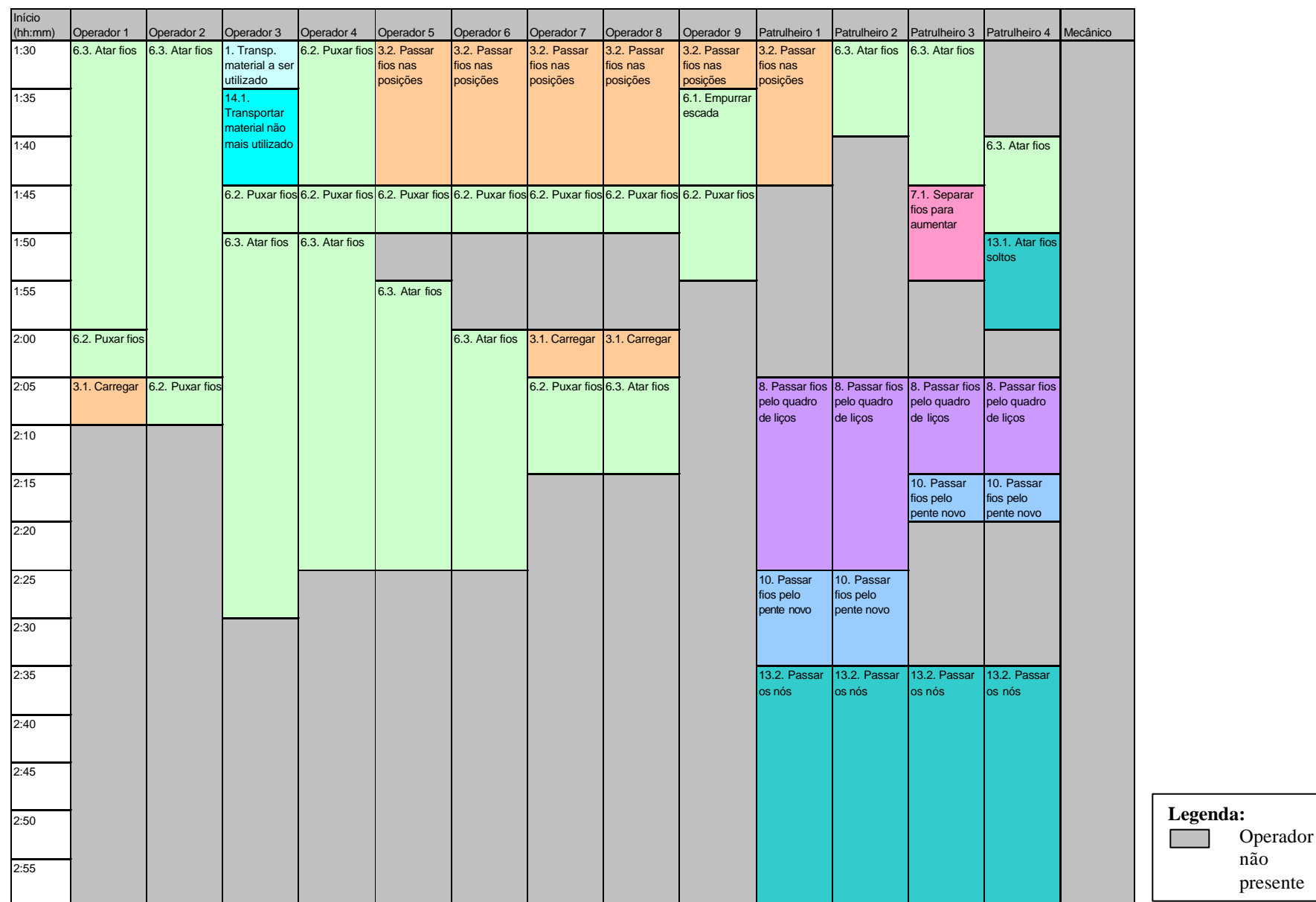


Figura 48 – Gráfico de atividades múltiplas do processo de *set-up* interno na troca com aumento de fios após melhoria (continua)

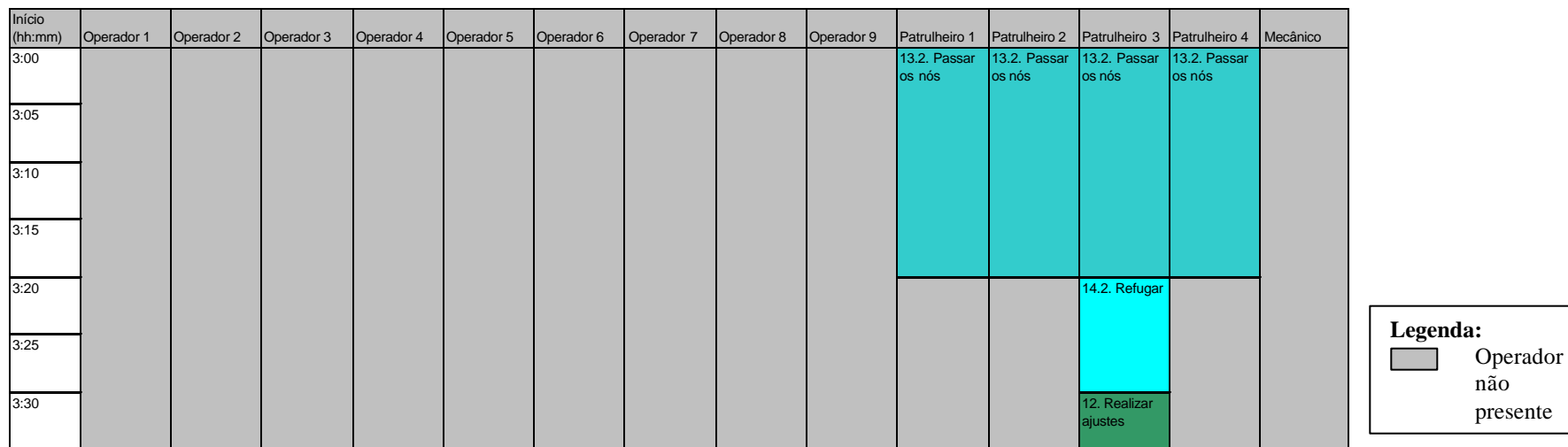


Figura 49 – Gráfico de atividades múltiplas do processo de *set-up* interno na troca com aumento de fios após melhoria (conclusão)

Com a solução, o tempo total de *set-up* interno é reduzido de 3 horas e 55 min para 3 horas e 30 min, uma redução de 20 min, ou 8,5% da perda de disponibilidade de equipamento neste tipo de troca, em que foram aumentados 100 fios de um artigo para o outro, o que, como já mencionado, é considerada uma troca razoavelmente rápida pelos executantes.

Sabe-se que há trocas de artigo em que chega a ser necessário aumentar 700 fios aumentados ao passar de um artigo para outro e que o caso mais comum é o aumento de 300 fios. Nesses casos, acredita-se que o impacto com a implementação desta solução seria maior ainda.

Para se estimar qual seria o impacto desta solução nesses diferentes casos, seria razoável imaginar que simulações antes e depois da melhoria nesses casos teriam o tempo de suas atividades aumentado devido ao aumento de fios. Entretanto, como as atividades são distintas - ora não dependem de aumento de fios, ora dependem apenas da quantidade de bobinas a colocar, etc. - faz-se necessária uma base de cálculos um pouco mais complexa para se fazer essas estimativas.

Na Tabela 6, toma-se como base a troca observada, que era a passagem de um artigo com 1304 fios para um de 1406 fios, um aumento de 102 fios, mais precisamente. Para cada atividade, é investigado se ela depende da quantidade de fios do artigo novo, do artigo velho ou de fios aumentados. Se ela não depender de nenhum desses fatores, sua duração total (medida em homens x minutos) permanecerá a mesma em qualquer outro caso de troca. Caso contrário, será calculado um coeficiente que é o resultado da divisão entre a duração observada e a quantidade de fios da qual dependia a atividade.

Como exemplo, tem-se o caso da atividade 2 - Descarregamento. Ela depende da quantidade de bobinas que há para se descarregar, que é igual a quantidade de fios do artigo antigo, 1304. Na troca observada, esta atividade consumiu um total de 250 minutos de mão-de-obra, ou seja, 0,19 minutos por bobina descarregada. No caso de uma troca em que seja necessário o descarregamento de 1232 bobinas, estima-se então que $1232 \times 0,19 = 236$ minutos de mão-de-obra sejam consumidos.

A seguir, a Tabela 6, para um caso de troca de complexidade média, que envolve o aumento de 362 fios, apresenta os dados considerados no cálculo das estimativas de tempo.

Tabela 6 – Estimação do tempo total das atividades de *set-up* interno

Código atividade	Tempo total da atividade durante observação (min)	Base de cálculo						Caso de médio aumento de fios (exemplo)			
		Quantidade de fios do artigo antigo = 1304		Quantidade de fios do artigo novo = 1406		Quantidade de fios aumentados = 1406 - 1304 = 102		Quantidade de fios do artigo antigo = 1232	Quantidade de fios do artigo novo = 1594	Quantidade de fios aumentados = 362	Estimativa de tempo total da atividade (min)
		Atividade depende da qtd. de fios do artigo antigo?	tempo/ qtde. de fios do artigo antigo (min)	Atividade depende da qtd. de fios do artigo novo?	tempo/ qtde. de fios do artigo novo (min)	Atividade depende de qtd. de fios aumentados?	tempo/ qtde. de fios aumentados (min)	Estimativa de tempo da atividade com base na quantidade de fios (min)			
1	35	Não		Sim	0.02	Não		0	40	0	40
2	250	Sim	0.19	Não		Não		236	0	0	236
3.1	585	Não		Sim	0.42	Não		0	663	0	663
3.2	75	Não		Sim	0.05	Não		0	85	0	85
4	5	Não		Não		Não		0	0	0	5
5	5	Não		Não		Não		0	0	0	5
6.1	10	Não		Não		Não		0	0	0	10
6.2	85	Não		Sim	0.06	Não		0	96	0	96
6.3	265	Não		Sim	0.19	Não		0	300	0	300
7.1	10	Não		Não		Não		0	0	0	10
7.2	20	Não		Não		Sim	0.20	0	0	71	71
7.3	20	Não		Não		Não		0	0	0	20
7.4	40	Não		Não		Sim	0.39	0	0	142	142
8	60	Não		Não		Sim	0.59	0	0	213	213
10	130	Não		Sim	0.09	Não		0	147	0	147
11	10	Não		Não		Não		0	0	0	10
12	5	Não		Não		Não		0	0	0	5
13.1	15	Não		Não		Não		0	0	0	15
13.2	180	Não		Não		Não		0	0	0	180
14.1	10	Não		Não		Não		0	0	0	10
14.2	10	Não		Não		Não		0	0	0	10

Com base nesses valores, pode-se calcular uma estimativa da necessidade de homens x hora para cada atividade e montar gráficos de atividades múltiplas semelhantes ao do caso observado e se estimar o quanto se poderia reduzir o tempo de *set-up* com a solução proposta em qualquer tipo de troca.

Para o caso de complexidade média, em que 362 fios são aumentados, foi tomada como exemplo a troca de artigo com duração de atividades calculada na Tabela 6, em que se passa de 1232 para 1594. As simulações dos diagramas de atividades múltiplas antes e depois da melhoria são apresentadas no Apêndice B – Simulação de *set-up* interno em caso de complexidade média. Estima-se que o tempo total de troca de artigo passe de 5 horas e 5 minutos para 3 horas e 55 minutos com a melhoria proposta, uma redução de 1 hora e 10 minutos, ou 23% da perda de disponibilidade de máquina.

Tomando como exemplo de caso mais complexo, uma troca de artigo em que se passa de 869 para 1594 fios, em que 725 fios são aumentados, estima-se que o tempo total de troca de artigo passe de 6 horas e 55 minutos para 4 horas e 55 minutos com a solução proposta, uma redução, portanto, de 2 horas, ou 30% do tempo de máquina parada. Os cálculos de duração de atividades e a simulação dos gráficos de atividades múltiplas se encontram no Apêndice C - Simulação de *set-up* interno em caso mais complexo.

Com base nos dados históricos referentes às paradas dos teares apontadas de maio a julho de 2006, tem-se que em média 45% das trocas de artigo nos teares D2, D3 e D4 exigem aumento de fios. Considerando que a maioria dessas trocas foram de complexidade baixa, aumentos de em média 100 fios, estima-se que solução proposta provocaria, no mínimo, uma redução de $8,5\% \times 45\% = 3\%$ no total de tempo de máquina parada devido a trocas de artigo nos teares D2, D3 e D4.

Como consequência, também se teria ganhos com aumento de mão-de-obra disponível para outras atividades e simplificação das atividades do processo de *set-up*.

4.5 Melhorias em *set-up* interno e externo

Depois da conversão do maior número de atividades internas em externas, na 3ª etapa da metodologia SMED, deve-se buscar melhorias em qualquer tipo de atividade (THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM, 1996).

Visando a melhorias nas atividades de *set-up* externo, os autores recomendam a aplicação das seguintes técnicas para a organização e transporte de ferramentas e materiais:

- ? Identificação de peças com convenções de cores;
- ? Definição de um lugar para a armazenagem de cada peça;
- ? Estoque das peças mais utilizadas o mais próximo possível do equipamento e em locais mais acessíveis;
- ? A forma como as peças estão estocadas também deve facilitar seu acesso ou a intervenção sobre a mesma - caso seja necessário realizar sua preparação, que esta seja feita preferencialmente no próprio lugar de estocagem;

Para a melhoria de atividades de *set-up* interno, 4 técnicas práticas são sugeridas:

- ? Realização do *set-up* em operações paralelas: Sobretudo quando as partes a se intervir localizam-se em lados opostos da máquina, operações paralelas são desejáveis. Com operadores designados a posições pré-definidas, não há perdas de tempo por causa de deslocamentos de um lado para outro da máquina;
- ? Dispositivos de *set-up* rápido: Substituição de dispositivos de fixação em que se deve parafusar e desparafusar por dispositivos de uma só operação;
- ? Eliminação de ajustes: As operações de ajustes podem representar até 50% do tempo total de *set-up*. São exemplos de técnicas que ajudam a simplificar ajustes: utilizar escalas numéricas, padronizar parâmetros e tornar visíveis linhas de referência para ajustes (por exemplo, linha para centralização de peças).
- ? Mecanização: Pode reduzir atividades internas, sobretudo no levantamento de peças pesadas.

4.5.1 Processo atual em termos de *set-up* interno e externo

O processo atual de transporte de matéria-prima e materiais necessários é satisfatório exceto pelos pontos discutidos na seção 4.3.2. Há uma convenção de cores para os 4 tipos de bobinas existentes e definição certa de local para armazenagem destes produtos intermediários. A falta de espaço impede que esses materiais sejam armazenados mais próximos às máquinas.

Em relação às atividades internas, não há nenhuma atividade que exija fixação de peça, exceto a colocação do pente, que não causa grande perda de tempo. As atividades de ajuste também são simples, realizadas automaticamente a partir do controle computadorizado do tear.

Ainda com relação às atividades internas, em particular, no que diz respeito à idéia de execução de atividades em paralelo, nota-se que há o risco de se cometer algumas falhas de alocação de pessoal disponível para as trocas. Isso pode ocorrer pela complexidade de dimensionar e mobilizar a quantidade ideal de pessoas para cada troca de artigo. Como ocorreu na troca de artigo observada, um grande número de pessoas pode ser alocado para uma máquina mas não causar nenhuma diferença no tempo total de máquina parada, conforme discutido na seção 4.2.2. Apesar de não representar um problema, a princípio, esta alocação de pessoal de maneira desnecessária pode comprometer atividades de troca em outro tear, quando ocorrem paradas de máquinas simultâneas.

Essa dificuldade em se planejar a mão-de-obra é aumentada também pela imprecisão existente no cronograma de produção enviada aos líderes de equipe, que não permitem prever com muita antecedência se haverá trocas simultâneas ou não.

4.5.2 Discussão de alternativas de melhorias

É recomendável que se realize antes do *set-up* uma estimacão dos tempos requeridos em cada atividade, podendo inclusive a Tabela 6 – Estimacão do tempo total das atividades de *set-up*, ser utilizada como uma ferramenta de planejamento.

Num aprofundamento do presente estudo, poderia o processo de *set-up* poderia ser modelado com auxílio de *softwares* de simulacão, fornecendo assim estimativas de tempo total de *set-up* e utilizacão de mão-de-obra.

5 REDUÇÃO DE PERDAS NO APROVEITAMENTO DE MATERIAIS

Como foi introduzido no capítulo 3, este capítulo será dedicado à análise do aproveitamento atual de materiais no conjunto de teares D visando à busca de alternativas para se reduzir as perdas existentes, aumentando assim a produtividade da área.

Ainda no capítulo 3, de Análise do processo atual, foi mencionada a principal causa do não aproveitamento de material, a variação da metragem de fio nas bobinas, e estimada a ordem de grandeza das perdas em material, supondo que a sobra de fio em média fosse de 150 metros, a perda seria de 50,4 toneladas anuais.

Este capítulo inicia-se com uma descrição geral do processo que envolve o material em questão e, a partir dela, a análise do problema é aprofundada: são apresentadas outras possíveis causas do não aproveitamento de material, além da variação de metragem do fio, e é feito um levantamento de possíveis causas raízes dessa variação.

Após essa análise, a estimativa de perda é refinada a partir do cálculo da estimativa da variação de metragem de fio e, finalmente, é proposta uma ação de curto prazo para o problema.

5.1 Análise do processo atual de produção e tratamento de materiais

O material analisado é a bobina de fio torcido, também chamado de cordonel, que é fabricado nas máquinas cableadoras, etapa anterior à tecelagem.

Uma máquina cableadora é dividida em 2 lados, direito e esquerdo, que funcionam de maneira independente. A disposição das máquinas cableadoras analisadas é apresentada na Figura 43 –

Esquema do *layout* da fábrica com *pallets* de bobinas posicionados próximos aos teares. Cada lado da máquina pode possuir 56 (máquinas 6 a 9) ou 64 (máquina 10). Em cada posição da máquina, os fios de 2 bobinas de fio singelo são torcidos e enrolados em um tubete, gerando uma bobina de cordonel. O processo é automático apesar da preparação da posição da máquina ser manual.

Após sua fabricação as bobinas são condicionadas em área climatizada durante 3 dias, para que se assegure a qualidade do fio, e seguem para sua utilização nos teares.

5.1.1 Possíveis causas do problema

Depois da descrição do processo de produção e tratamento de materiais, pode-se redefinir o problema de não aproveitamento total de materiais como “Final de carga não homogêneo”, referente ao fato de algumas bobinas acabarem antes das outras no final do tecimento do lote.

As causas de um final de lote não homogêneo podem surgir então em 3 momentos:

- ? Na produção das bobinas pelas cableadoras quando, apesar de ser programado um valor desejado para o comprimento de fio de cordonel, mecanismos da máquina desregulados ou com defeitos acabam gerando bobinas com comprimento de fio maior ou menor do que o esperado;
- ? Na armazenagem das bobinas;
- ? Ou na utilização das bobinas no tear.

A partir da definição do escopo de análise do problema, que vai da produção das bobinas nas cableadoras até sua utilização nos teares, foram realizadas entrevistas com profissionais da área de controle de processo e com a coordenação de produção para se levantar as possíveis causas do problema de final de lote não homogêneo.

Para organizar as informações levantadas numa análise qualitativa dessas possíveis causas, foi escolhido neste estudo o método “*Fault Tree Analysis*”.

Desenvolvido para a análise de confiabilidade de sistemas complexos de usinas nucleares, indústrias químicas e espaços-naves e bastante aplicado na indústria automotiva, o *Fault Tree Analysis*, ou FTA, é um método de análise de sistemas a partir de uma falha indesejada (SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, 2000).

Ainda de acordo com Society of Automotive Engineers (2000, p.426-427), o FTA pode fornecer resultados qualitativos como:

- ? A combinação de falhas de componentes causadora da falha do sistema;
- ? O *ranking* qualitativo da contribuição das falhas para a falha do sistema;
- ? A existência de causas comuns, inerentes ao processo.

Além disso, este método pode fornecer valores quantitativos como:

- ? A probabilidade de falha do sistema;
- ? O *ranking* quantitativo da contribuição das falhas para a falha do sistema;
- ? Uma análise de sensibilidade, ou seja, os efeitos de uma causa primária de falha nos parâmetros de confiabilidade do sistema.

Com os resultados do método, um projetista poderia analisar o sistema e melhorar sua performance e confiabilidade, mudando, por exemplo, a probabilidade da ocorrência de uma causa primária de falha⁴.

O sistema é analisado visando à identificação de todas as possíveis causas que podem provocar uma falha – segundo definição de Society of Automotive Engineers (2000, p.441) essas causas

⁴ Falha é tradução dada neste trabalho à palavra inglesa *fault*. Entretanto, com mais precisão, Society of Automotive Engineers (2000, p.440, tradução nossa) atenta para a diferença entre *fault* e *failure*: *failure* seria a degradação de um sistema ou componente que falha, enquanto *fault* é o mau funcionamento de um sistema devido ao funcionamento impróprio de algum componente.

podem ser primárias ou secundárias – e estas são representadas num diagrama de eventos correlacionados por operadores lógicos, dentre os quais os mais comuns são “ou” e “e” (“*or*” e “*and*”). O diagrama deve seguir a convenção de símbolos como na Figura 50.

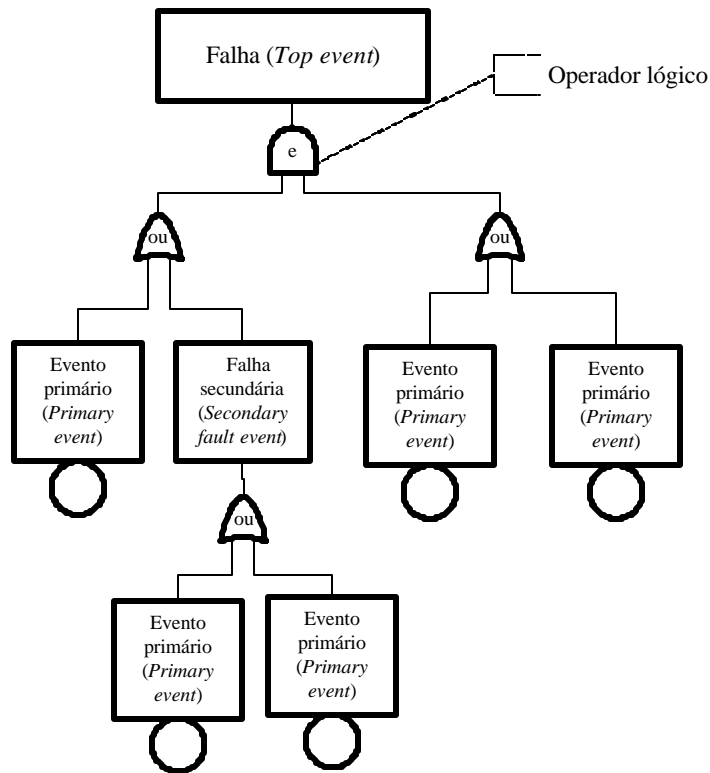


Figura 50 – Diagrama FTA

Na Figura 51, as possíveis causas do problema identificadas a partir das entrevistas estão dispostas no formato de um diagrama FTA.

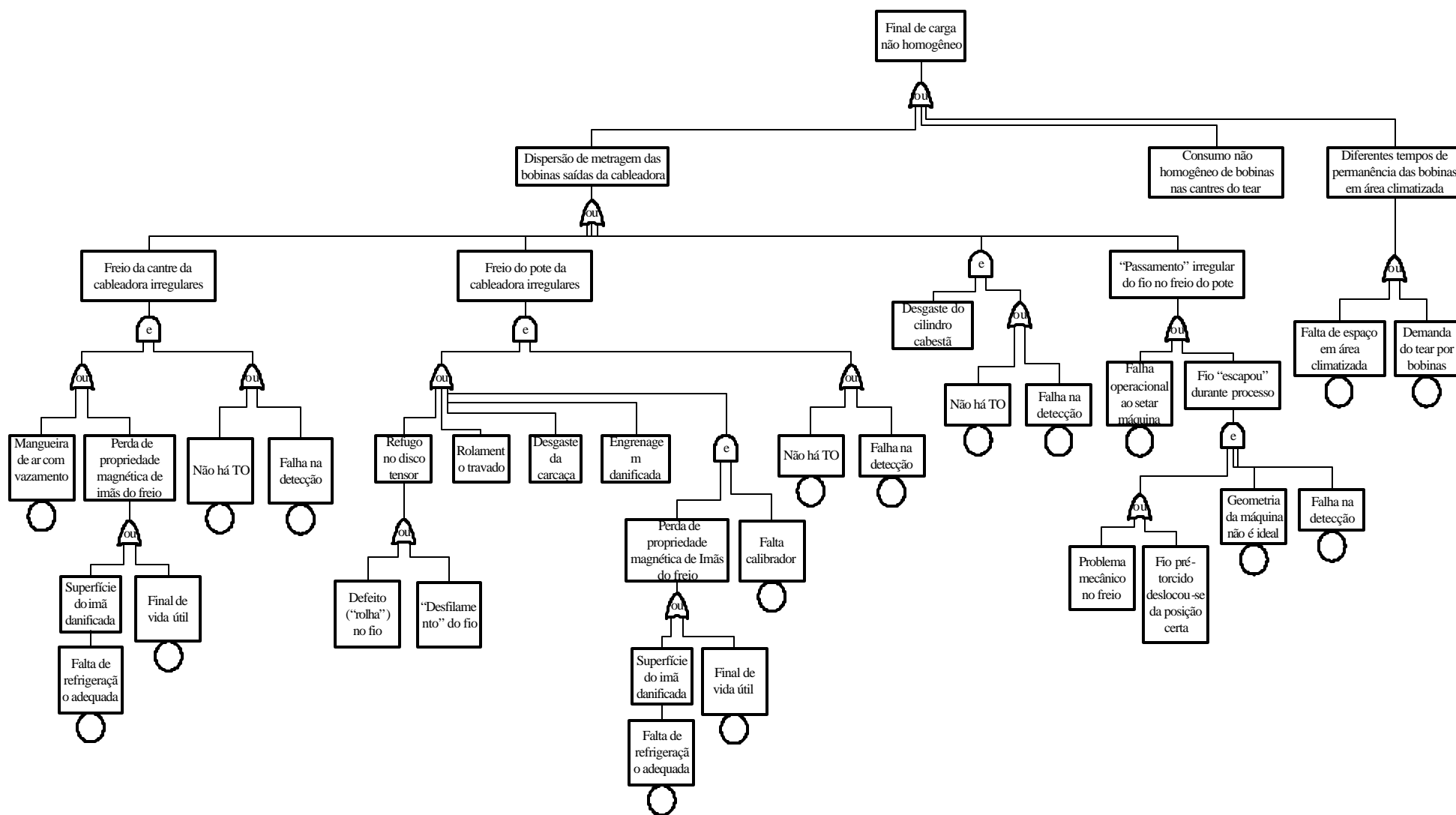


Figura 51 – Diagrama FTA para o problema de final de carga não homogêneo⁵

⁵ TO é sigla de "Troca Obrigatória".

Pela complexidade do equipamento e processo analisados, não foi possível determinar alguns eventos primários que seriam causas raízes do problema de final de lote não homogêneo. Entretanto, o diagrama FTA apresenta de maneira clara a combinação de eventos que causa o problema e permite que se faça uma primeira análise qualitativa.

Pode-se perceber, por exemplo, a importância da detecção de problemas por parte do operador, que poderia evitar o efeito negativo causado por um componente desregulado ou com defeito. Ou o fato de um mesmo evento primário “Falta de refrigeração adequada” poder causar duas falhas distintas, aumentando a probabilidade de ocorrência do problema de variação de metragem das bobinas. Ações visando à eliminação desses eventos primários são assim recomendáveis.

Ainda de acordo com depoimentos dados por profissionais envolvidos, a “dispersão de metragem das bobinas saídas das cableadoras” seria uma causa mais frequente e de impacto que os outros dois eventos secundários. É provável que essa percepção seja verdadeira, pois a dispersão de metragem pode ser originada a partir de vários eventos, entretanto, sem uma análise quantitativa da ocorrência desses eventos não é possível confirmar essa percepção como fato.

Seria necessário um aprofundamento do estudo, com a realização de uma análise quantitativa de todas as causas primárias levantadas, para identificar as causas raízes principais do problema. Mas, num primeiro momento, em razão da complexidade e do extenso tempo necessário para se obter essas informações, o diagnóstico geral exposto acima é admitido válido para o propósito do presente trabalho e toma-se como foco de análise a dispersão de metragem das bobinas como causa de maior impacto ao problema de final de lote não homogêneo.

5.1.2 Dispersão de metragem das bobinas no processo atual

A dispersão de metragem das bobinas no processo atual pode ser estimada através da coleta de amostras de bobinas para análise.

Durante os meses de maio, junho e julho foram colhidas amostras piloto para se verificar a situação de cada lado de máquina em relação à metragem de suas bobinas. Procurou-se obter uma amostra representativa da população, retirando bobinas de diversas posições dentro de uma mesma máquina, colhendo bobinas fabricadas em dias diferentes e examinando bobinas com material de diferentes lotes de fio singelo.

A determinação do comprimento, metragem, do fio foi realizada de maneira indireta medindo-se com o peso líquido de fio, que é encontrado subtraindo o peso médio do tubete de papelão do peso bruto da bobina, e dividindo o valor encontrado pelo valor da média do título do fio. A fórmula utilizada é:

$$\text{Metragem}(m) = \frac{\text{Peso}_\text{Líquido}(g) \times 10^4}{\text{Título}_\text{médio}(dtex)}$$

Na verificação de *outliers*, foram retirados valores de peso de bobinas "incompletas", isto é, bobinas que têm menor comprimento por um acidente de processo que ocasionou o rompimento do fio. Para se identificar essa situação, foi estipulado que o peso líquido mínimo de uma bobina completa seria 9,75 kg, que é a estimativa do peso de uma bobina utilizada no tear para produzir 11 rolos de tela (uma bobina completa, com uma média de 10,6 kg, é suficiente para se produzir 12 rolos).

Sendo o objetivo desta fase do trabalho encontrar um intervalo de confiança para a média das metragens de cada lado de máquina, é necessário que se tenha uma amostra com número suficiente de dados. Para a determinação do tamanho ideal da amostra, foi utilizada a seguinte fórmula (RAMOS, 2002):

$$n = \left(\frac{t_{n'-1; \frac{\alpha}{2}} \times S}{e_o} \right)^2$$

Sendo:

- ? n - O tamanho ideal da amostra;
- ? n' - O tamanho da amostra piloto;
- ? $t_{n'-1; \frac{\alpha}{2}}$ - Variável na distribuição t-Student;
- ? α - Probabilidade total de erro tipo I;
- ? s - Desvio padrão da amostra;
- ? e_o - Semi-amplitude do intervalo de confiança.

O valor da semi-amplitude foi estipulado em 50 metros e a chance de erro limitada em 5%. Apesar de não ser um intervalo de confiança muito preciso em termos absolutos, dado o esforço na coleta de dados, estes valores são considerados suficientes num primeiro estudo.

Os resultados dos cálculos estão resumidos na Tabela 7. As letras D e E são as abreviaturas de direito e esquerdo referentes aos lados da máquina cableadora.

Tabela 7 - Resumo de estatísticas da metragem das amostras retiradas

	Máquina e Lado									
	6D	6E	7D	7E	8D	8E	9D	9E	10D	10E
Média (m)	22292	22287	22132	22059	21907	22080	21873	21885	22376	22485
Desvio Padrão (m) - s	181	124	143	105	143	224	226	198	136	98
Tamanho de amostra piloto	75	79	37	53	59	80	179	117	81	79
Valor de t-Student	1.993	1.991	2.028	2.007	2.002	1.990	1.973	1.981	1.990	1.991
Tamanho ideal de amostra - n	52	24	34	18	33	80	80	62	29	15
Resultado	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
Intervalo de Confiança para a média	22292 +/- 42	22287 +/- 28	22132 +/- 48	22059 +/- 29	21907 +/- 38	22080 +/- 50	21873 +/- 34	21885 +/- 37	22376 +/- 31	22485 +/- 22

Pode-se concluir assim que os tamanhos das amostras pilotos estão bem dimensionados para a precisão de 50 metros estipulada. Algumas amostras têm maior tamanho devido a maior produção do artigo analisado nessas máquinas à época do experimento.

A partir dos intervalos de confiança das médias de metragem, disponíveis na Tabela 7, e da Figura 52 - *Boxplot* da metragem de máquinas no processo atual, pode-se perceber visualmente que tanto as médias quanto as variâncias dos lados de máquina parecem ser significativamente diferentes.

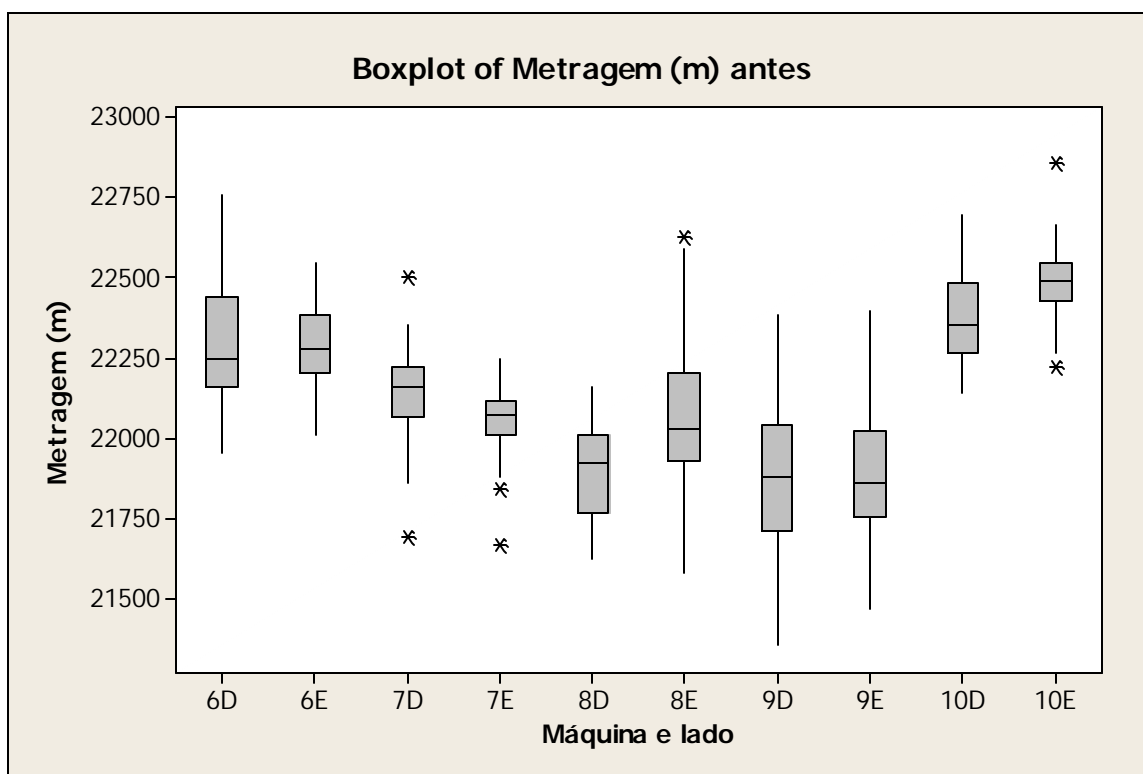


Figura 52 - *Boxplot* da metragem de máquinas no processo atual

Visando a uma análise estatística mais detalhada dos dados coletados, prossegue-se verificando a normalidade dos dados e se as populações são homocedásticas, isto é, se possuem a mesma variância. Essas são condições básicas para uma suposta análise de variância (RAMOS, 2002).

O teste de normalidade foi aplicado com o auxílio do software *Minitab*. Foi escolhido o teste de Anderson-Darling, sugerido em casos de amostras de mais de 30 valores (MINITAB INC., 2003). Os resultados se encontram no Apêndice D – Testes de normalidade de metragem de bobinas.

Apenas as máquinas 6E, 7E, 9D e 9E tiveram valor de p do teste maior que 0,05. Assim, segundo este teste, a distribuição da metragem das outras máquinas não pode ser representada de maneira adequada por uma distribuição de probabilidade normal.

O teste mais importante para a análise de variância, porém, não é o de normalidade e sim o de homocedasticidade (RAMOS, 2002). Por isso, continua-se a análise.

Para se verificar a segunda hipótese, se os valores de metragem das máquinas possuíam a mesma variância, foi realizado o teste de Levene, que se aplica a variáveis representadas por uma distribuição contínua mas não necessariamente normal.

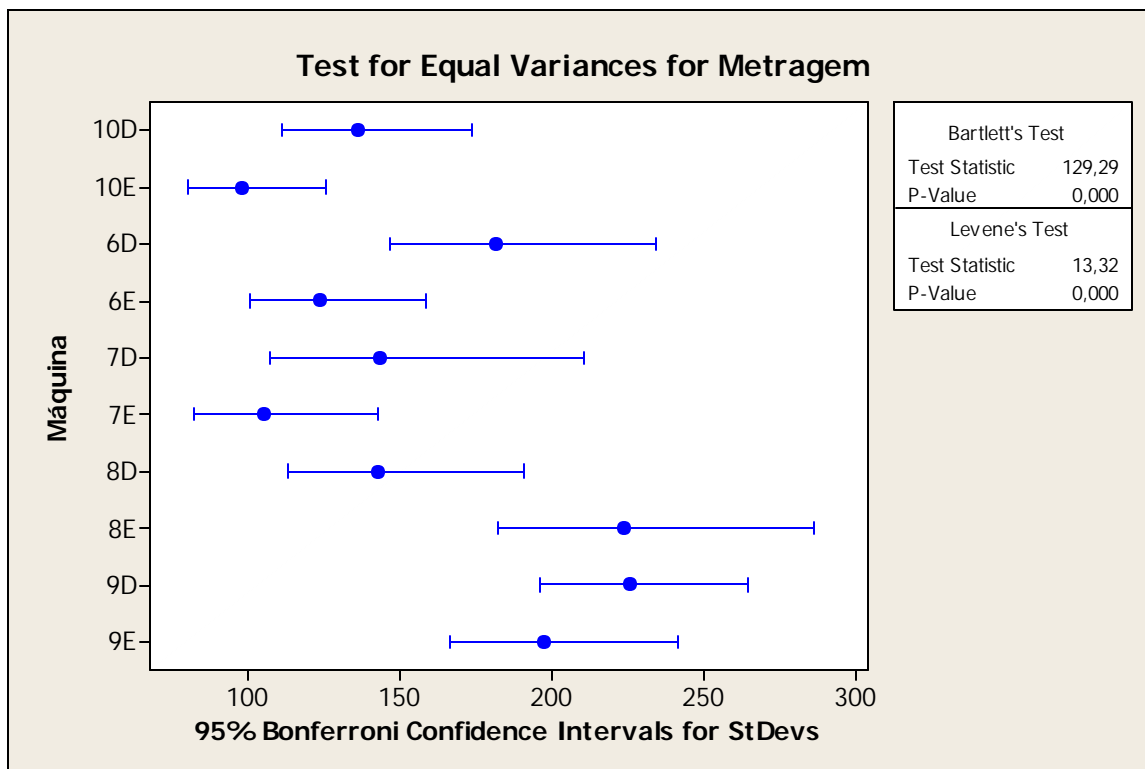


Figura 53 - Intervalos de confiança para a variância de metragem das máquinas

Na Figura 53 - Intervalos de confiança para a variância de metragem das máquinas, é apresentado o valor p do teste, que rejeita a hipótese de que as médias possuam a mesma variância.

Dessa maneira, confirma-se que as distribuições das metragens populações não são normais nem têm a mesma variância, o que impede a aplicação de uma análise de variância. Aceita-se assim somente a conclusão de que as médias sejam diferentes mediante a análise gráfica feita anteriormente.

5.2 Discussão de alternativas de melhorias

A conclusão tirada do capítulo anterior comprova a hipótese citada na seção 5.1.1, de que, apesar de ser programado um valor desejado para o comprimento de fio de cordonel, há mecanismos da máquina desregulados ou com defeitos que geram bobinas com comprimento de fio maior ou menor do que o esperado. Mais do que isso, as diferentes condições em que se encontram as máquinas determinam certa tendência de produzir bobinas com comprimento maior ou menor do que o programado.

De acordo com os profissionais da área de controle de processo e com a coordenação de produção os investimentos necessários para a realização de uma grande revisão nas máquinas são grandes, devido à grande quantidade de componentes das máquinas – 8 máquinas têm um total de 832 posições produtoras de bobina, em condições diversas. Além disso, uma revisão anual da máquina exige uma parada de produção de 3 dias.

A ação que se propõe é, portanto, programar as máquinas de maneira a se minimizar os efeitos da tendência observada na seção anterior, procurando fazer com que todas as máquinas produzam com uma mesma média de metragem.

Calculando o valor central das médias de metragem das máquinas, chega-se ao valor de 22.138 metros, que deve ser o valor de referência para se programar todas as máquinas. Este valor de

referência é usado para o cálculo do deslocamento, delta, a ser somado ou subtraído à metragem programada em cada máquina, conforme apresenta a Tabela 8.

Tabela 8 – Deltas a serem aplicados na metragem programada das máquinas

	Máquina e Lado									
	6D	6E	7D	7E	8D	8E	9D	9E	10D	10E
Média (m)	22.292	22.287	22.132	22.059	21.907	22.080	21.873	21.885	22.376	22.485
Intervalo de Confiança para a média	22.292 +/- 41	22.287 +/- 27	22.132 +/- 46	22.059 +/- 28	21.907 +/- 36	22.080 +/- 49	21.873 +/- 33	21.885 +/- 36	22.376 +/- 30	22.485 +/- 22
Diferença entre média e referência	155	150	-5	-78	-230	-58	-265	-253	239	347
Delta a ser aplicado	-155	-150	0	78	230	58	265	253	-239	-347

Para ilustrar a melhoria esperada com a reprogramação das máquinas, a Figura 54 mostra os dados *plotados* sem e com o delta aplicado.

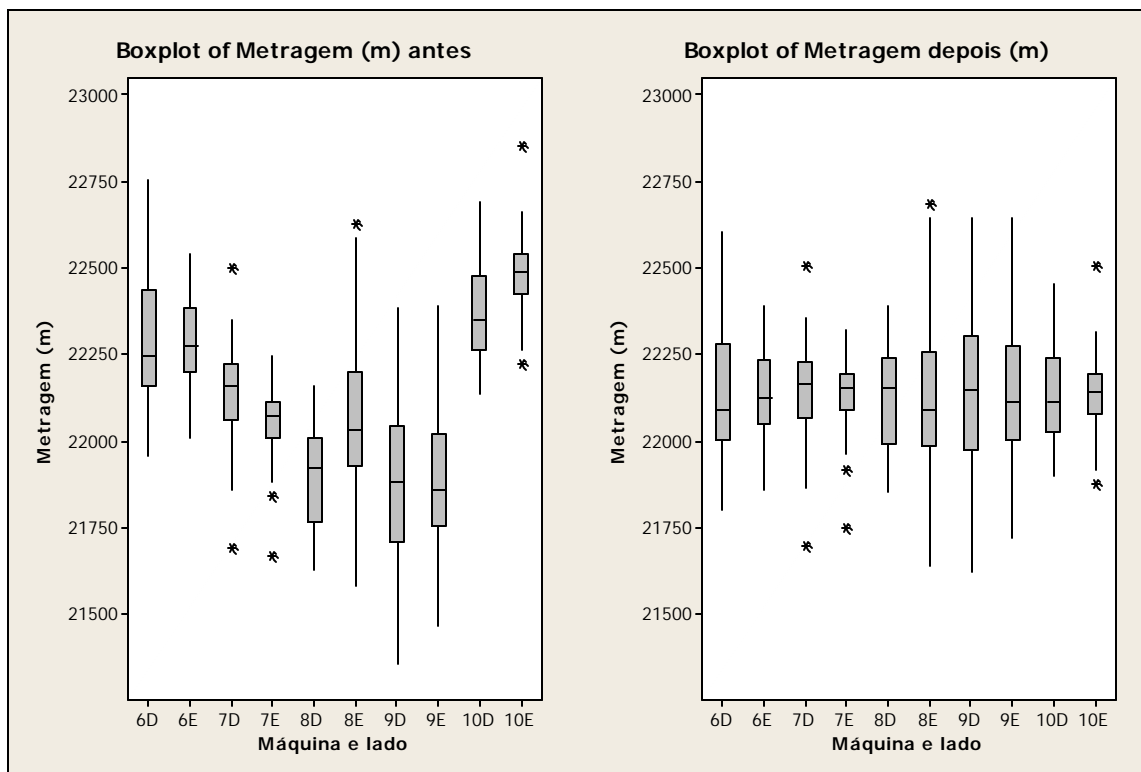


Figura 54 – Simulação de melhoria - *boxplot* de metragem de máquinas

A dispersão total dos valores de metragem diminuiria significativamente, passando de 281 metros de desvio padrão para cerca de 176 metros, como pode ser visto na Figura 55 – Simulação de melhoria – *Histograma* de metragem de máquinas.

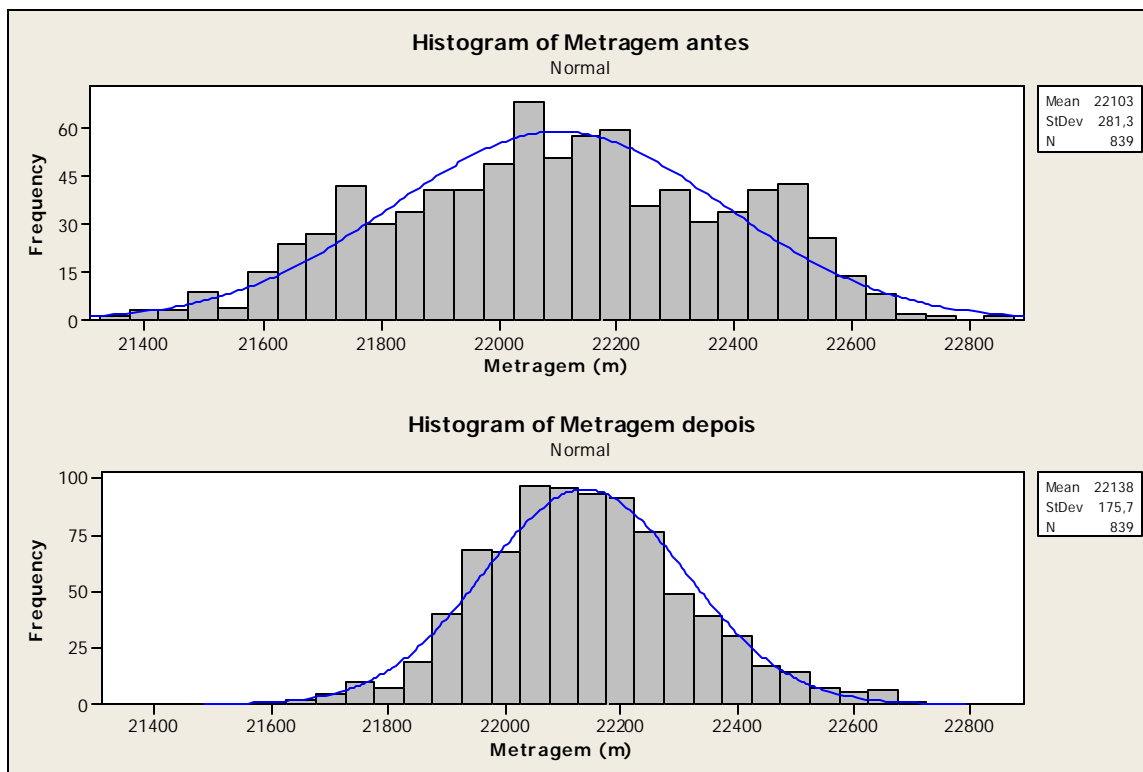


Figura 55 – Simulação de melhoria – *Histograma* de metragem de máquinas

Reavaliando a estimativa de perda de material com esses novos valores de desvio padrão, com base nos mesmos cálculos da seção 3.2.3, se tem no processo atual uma perda de 418 690 metros (1490 bobinas x 281 metros) de fio sendo refugado ou desclassificado por troca, ou 196 kg, o que pode chegar a perdas de 94 toneladas de material por ano.

Com a reprogramação proposta para as máquinas, a perda estimada de material seria de cerca de 265.240 metros (1490 bobinas x 176 metros), ou 123 kg, representando um total de 59 toneladas de perdas de material por ano, uma redução de 35 toneladas de perda por ano, ou 37% (35 toneladas/ 94 toneladas) de ganhos em aproveitamento de recursos de material.

Apesar da ação de reprogramação da metragem de máquinas proporcionar ganhos imediatos, a longo prazo ela não impacta as causas da variação e tendência das máquinas, causas raízes do problema. Com o passar do tempo, os diferentes componentes das máquinas estariam em condições diferentes tornando necessária uma nova coleta de dados e uma atualização dos deltas a serem aplicados no valor da metragem programada.

Ciente da limitação da ação proposta, enfatiza-se novamente a importância da continuidade do estudo iniciado pelo presente trabalho, realizando uma análise detalhada e quantitativa das causas fundamentais do problema e do investimento que deveria ser feito para se reduzir ainda mais a dispersão de metragem das bobinas produzidas pelas máquinas cableadoras.

Apesar dos resultados apresentados neste trabalho serem referentes apenas ao fio de certo título, o mesmo método de análise pode ser aplicado para qualquer outro artigo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho atingiu o objetivo de desenvolver análises sobre as perdas na utilização de equipamentos e perdas na transformação de materiais e formulou alternativas de ação visando à redução dessas perdas para o aumento da produtividade no processo de tecelagem dos teares D.

Como previsto, o estudo desenvolvido revela algumas limitações devido às simplificações que tiveram de ser assumidas em razão da complexidade dos problemas analisados, como as causas fundamentais da dispersão de metragem das bobinas produzidas pelas cableadoras, e do esforço adicional de levantamento de dados, que seria necessário para aprofundar o estudo tanto por meio de mais observações de trocas de artigo como pela ampliação da coleta de amostras de bobinas de fio. Entretanto, acredita-se que a imprecisão de alguns dos resultados apresentados não seja significativa a ponto de invalidar as ações propostas.

A solução de redução do tempo de *set-up* interno nos teares D2, D3 e D4 e a ação de reprogramação de metragem das máquinas cableadoras propostas no trabalho são extremamente positivas, pois são de fácil aplicação e exigem pouco investimento. Elas devem proporcionar resultados imediatos significativos, como o aumento estimado em 3% na disponibilidade de equipamento nos teares D2, D3 e D4 e o aumento do aproveitamento de fio, matéria-prima da tecelagem, em 37% de toneladas anuais. Apesar disso não ser suficiente para que os teares D deixem de ser gargalo do processo, o aumento da disponibilidade de equipamento pode representar um aumento de produção de toda a indústria produtora de tela de pneu.

Finalmente, o trabalho aponta direções para que, em projetos futuros, possa ser feito um aprofundamento do estudo, analisando questões mais específicas do problema tratado e contribuindo para reduzir ainda mais as perdas do sistema produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, T. S. A. **Planejamento da capacidade produtiva em uma indústria gráfica.** 2004. 103 p. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 2004.

FRANCISCHINI, P. G. **Produtividade.** São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005a. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO-2421.

FRANCISCHINI, P. G. **TPM.** São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005b. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO-2421.

MANUAL de indicadores da empresa. [S.l.: s.n.], 2006.

MINITAB INC. **MINITAB Statistical Software.** Release 14 for Windows. Pennsylvania: State College, 2003.

MIYAKE, D. I. **Conceitos e Técnicas de Estudo de Tempos e Métodos (ET&M): Teoria e Prática.** São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [19--]. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO-2421.

MUSCAT, A. R. N. **Produtividade e Gestão da Produção: Administração da Produtividade.** São Paulo: NPGCT-USP, 1987. Apostila.

NAKAJIMA, S. **TPM: Introduction to Total Productive Maintenance.** Cambridge: Productivity Press, 1988.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance.** Tradução Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

THE PRODUCTIVITY PRESS DEVELOPMENT TEAM. **Quick Changeover for Operators: The SMED System.** [S.l.]: Productivity Inc., 1996.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** Cambridge: Productivity Press, 1985.

SHINGO, S. **Una revolución en la producción: el sistema SMED.** Tradução: Tecnoaeronáutica S.A./ Antonio Cuesta Alvarez. Madrid: TGP Tecnologías de Gerencia y Producción S.A., 1990.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 1996.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, Inc. **Automotive Electronics Reliability.** Warrendale, PA: SAE, 2000. (Automotive Electronics Series).

RAMA, L. C. **Aplicações do OEE – Overall Equipment Effectiveness em uma indústria automobilística.** 1996. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 1996.

RAMOS, A. W. **Estatística II.** São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. Apostila para disciplina de graduação do Departamento de Engenharia de Produção, PRO-2711 – Estatística II.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 404p. (Série Ferramentas da Qualidade).

APÊNDICE A – ESQUEMA DE PROCESSO DE TROCA DE ARTIGO COM AUMENTO DE FIOS APÓS MELHORIA

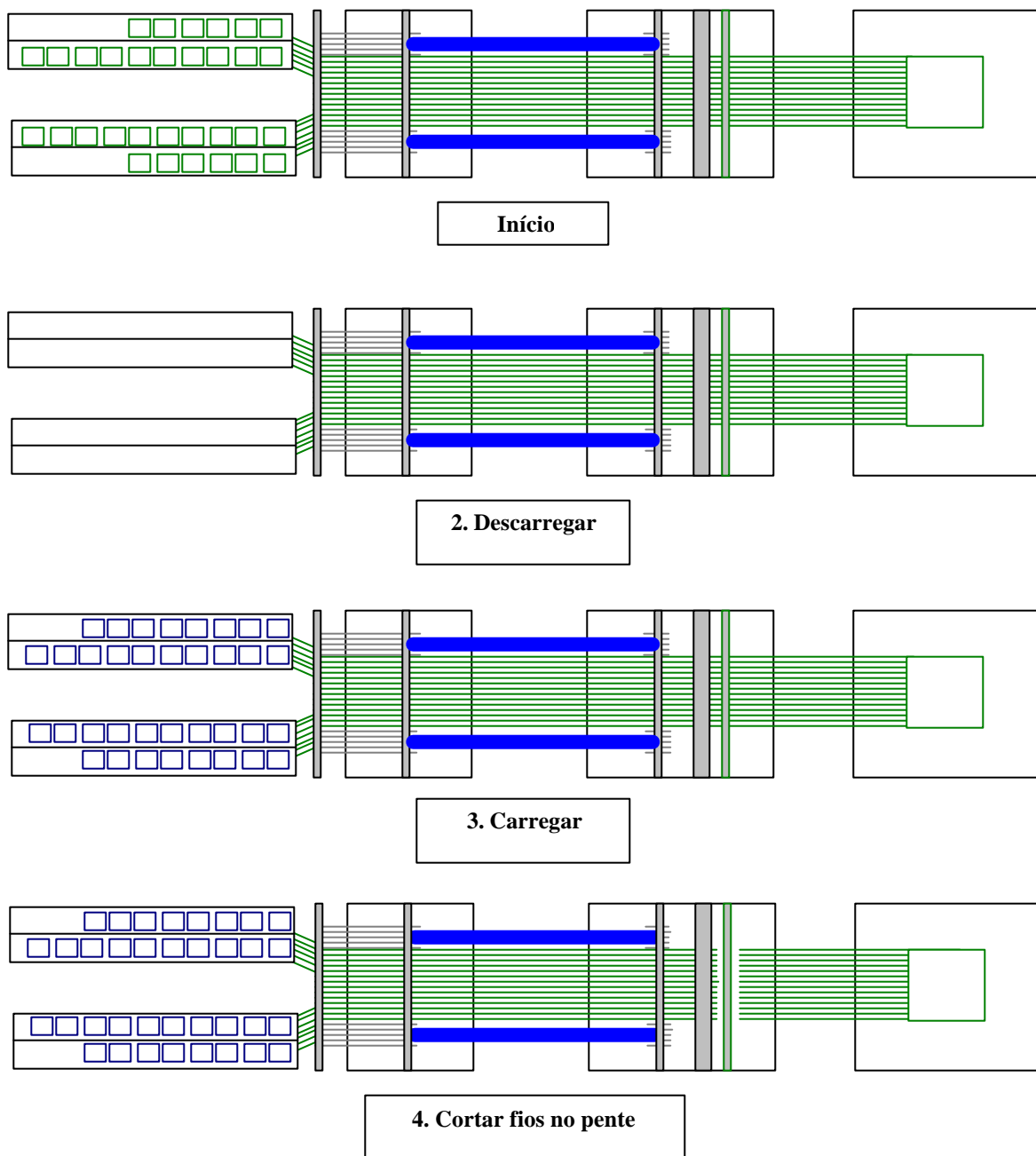


Figura 56 – Esquema de processo atual de troca de artigo com aumento de fios após melhoria (continua)

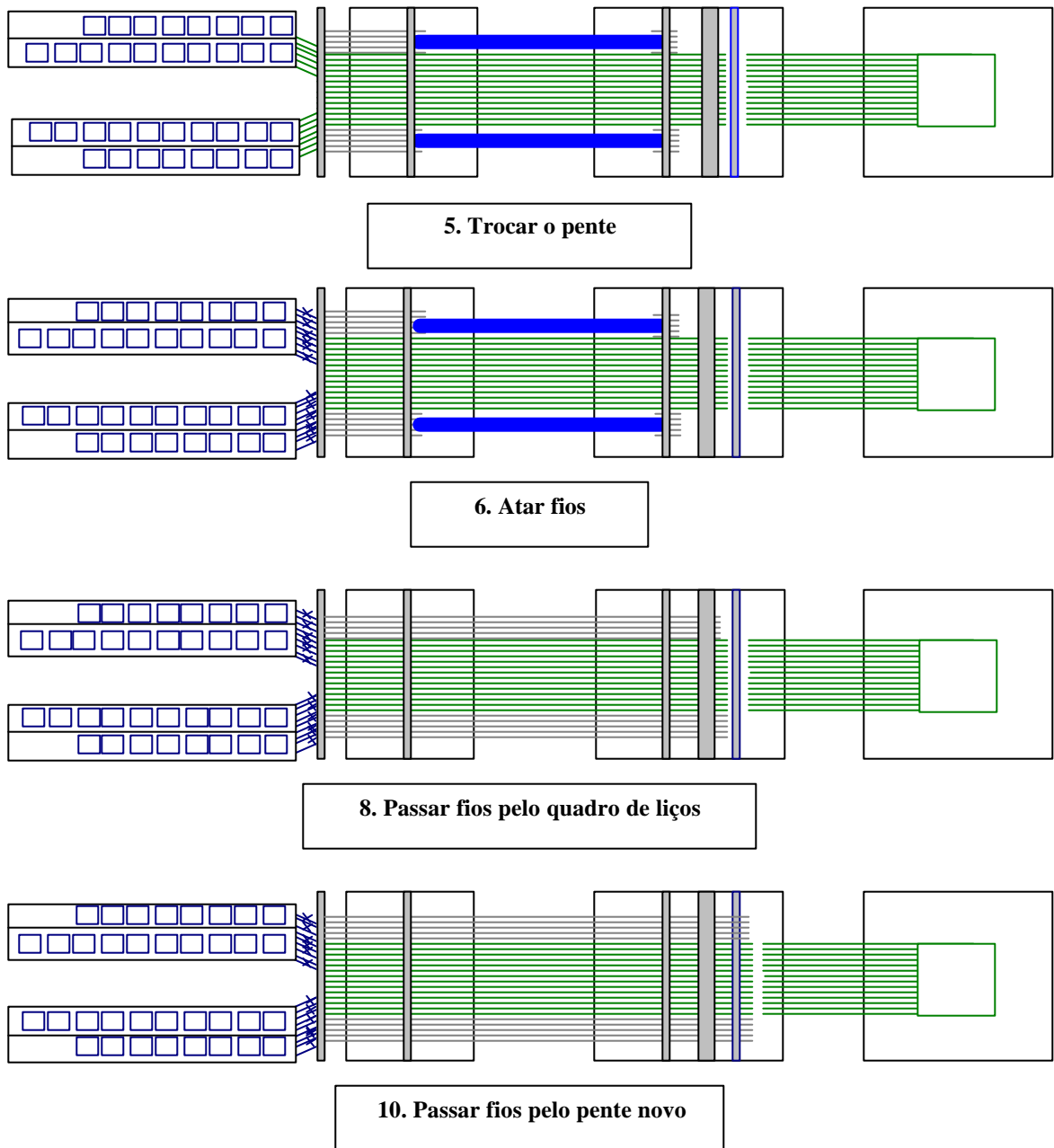


Figura 57 – Esquema de processo atual de troca de artigo com aumento de fios após melhoria (continuação)

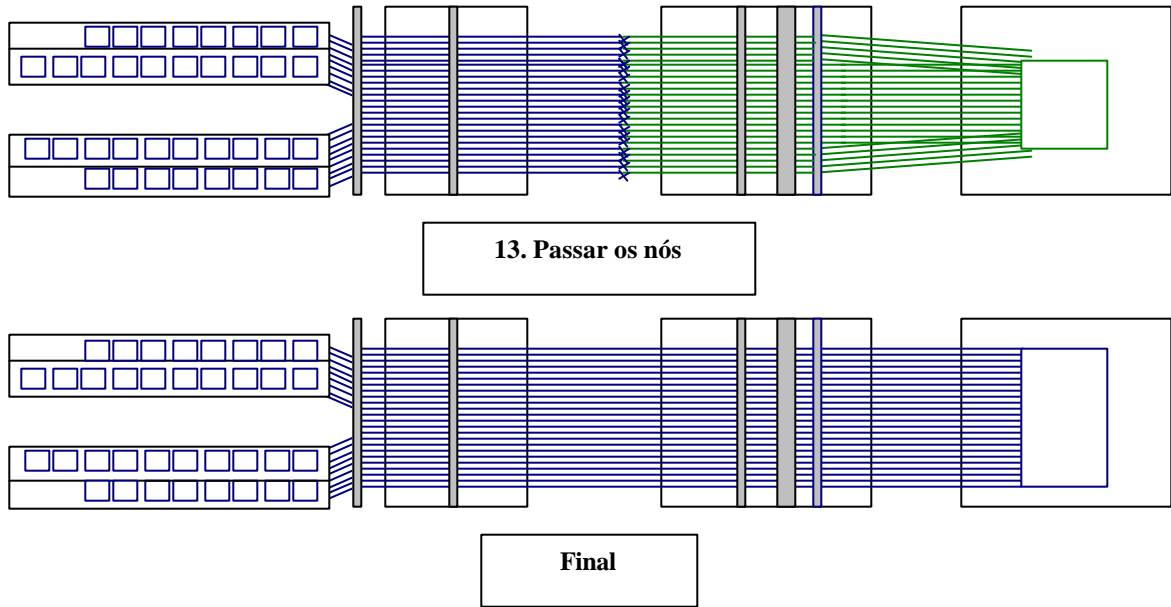


Figura 58 – Esquema de processo atual de troca de artigo com aumento de fios após melhoria (conclusão)

APÊNDICE B - SIMULAÇÃO DE *SET-UP* INTERNO EM CASO DE COMPLEXIDADE MÉDIA

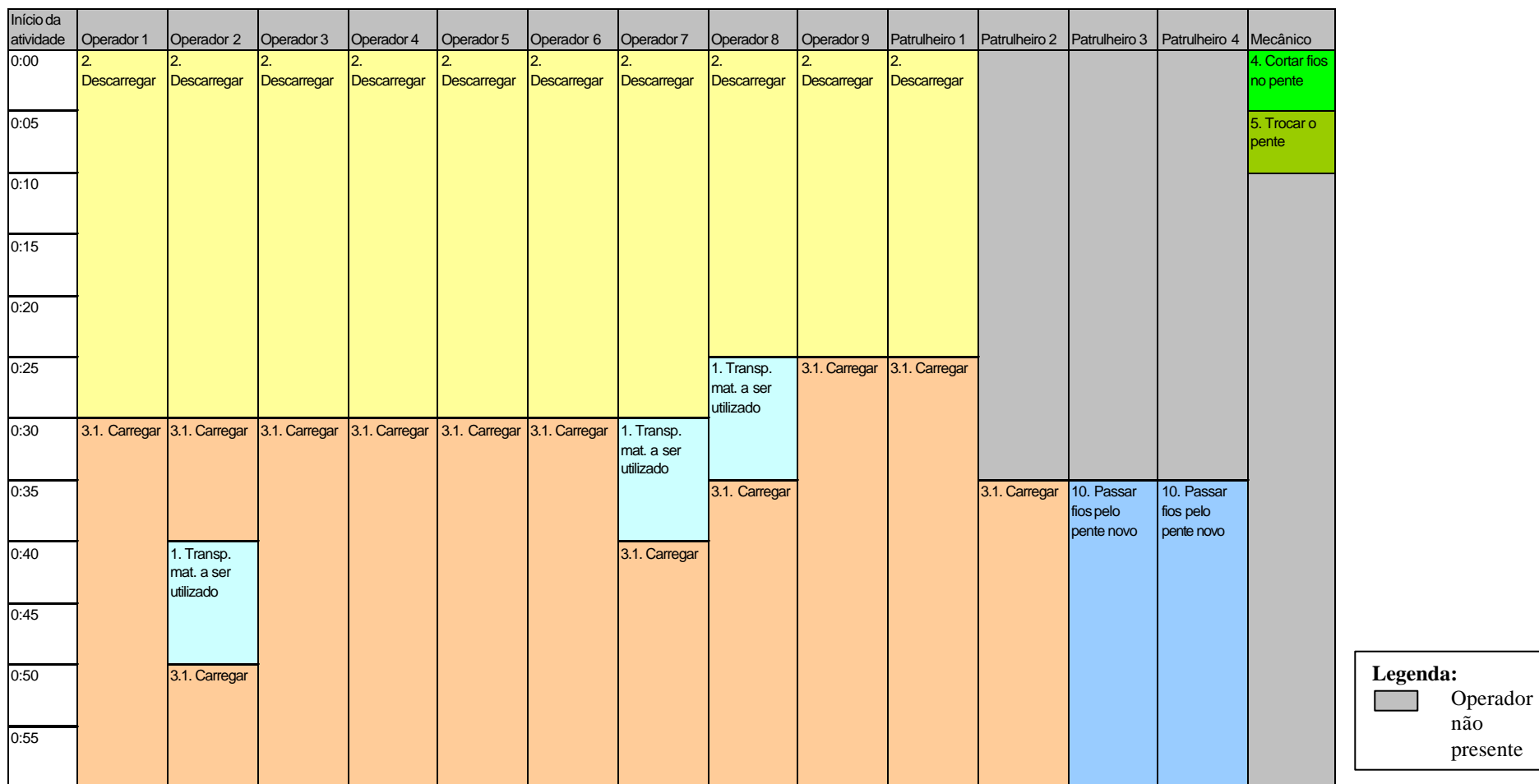
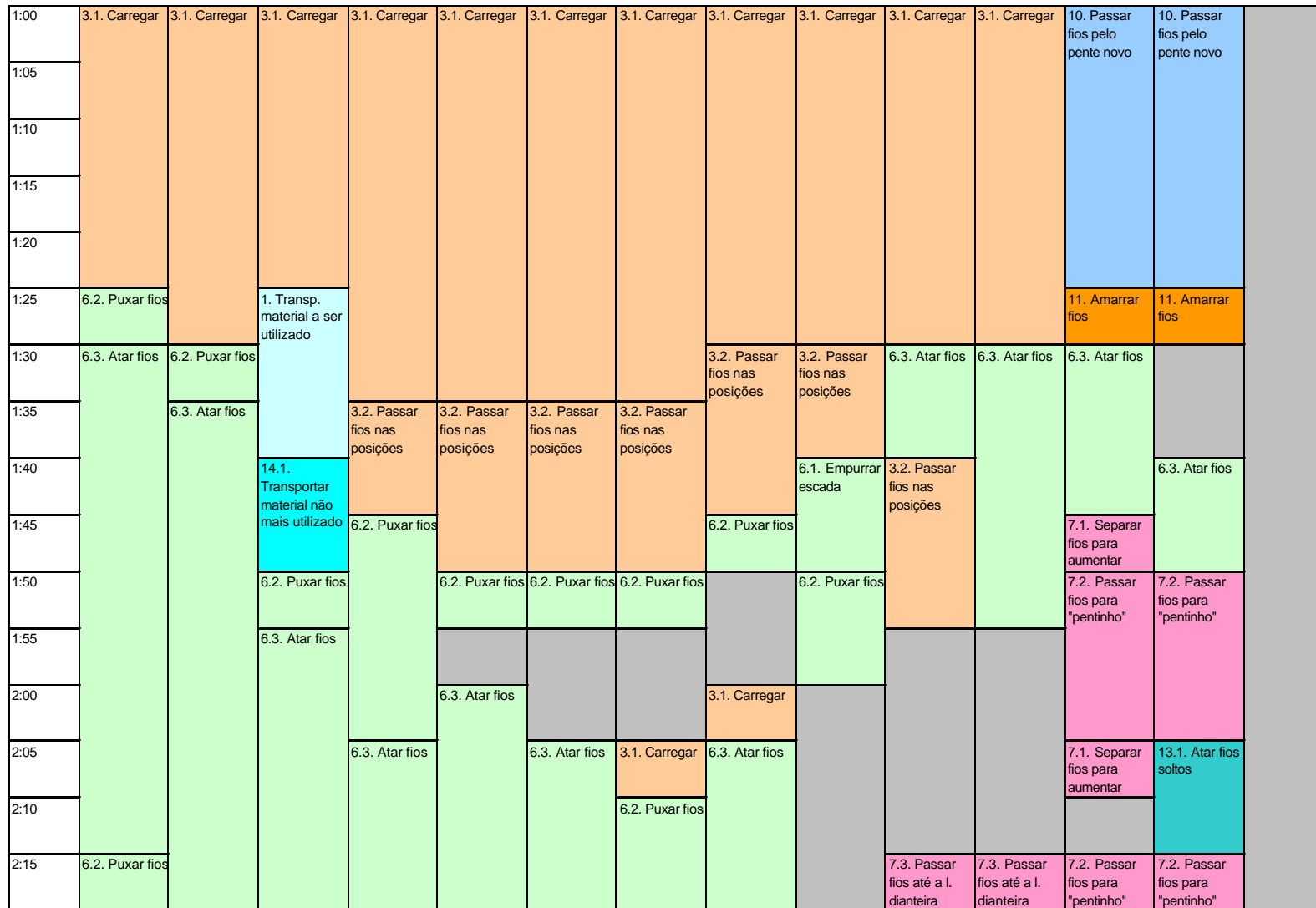


Figura 59 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – processo atual (continua)



Legenda:

Operador não presente

Figura 60 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – processo atual (continuação)

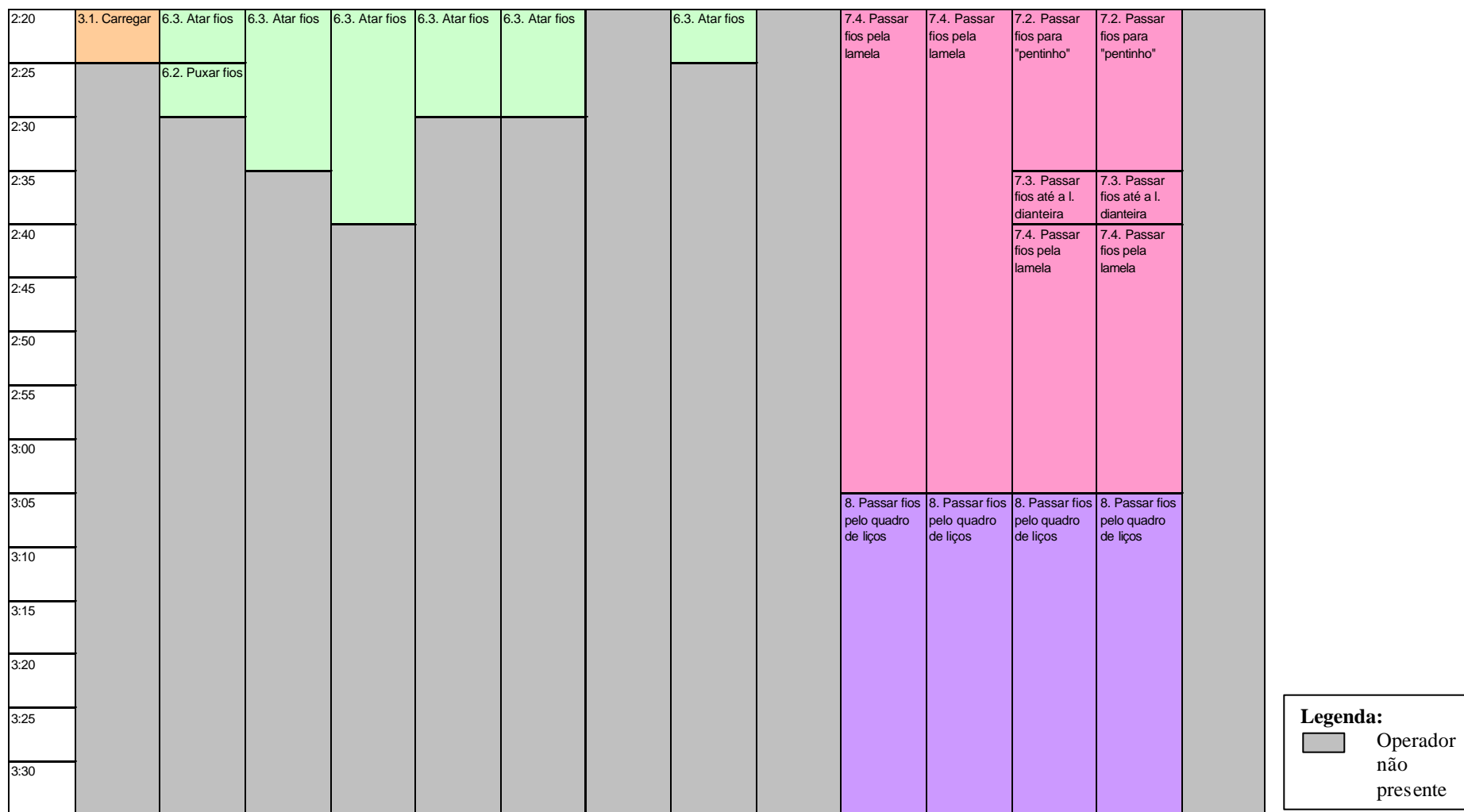


Figura 61 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – processo atual (continuação)

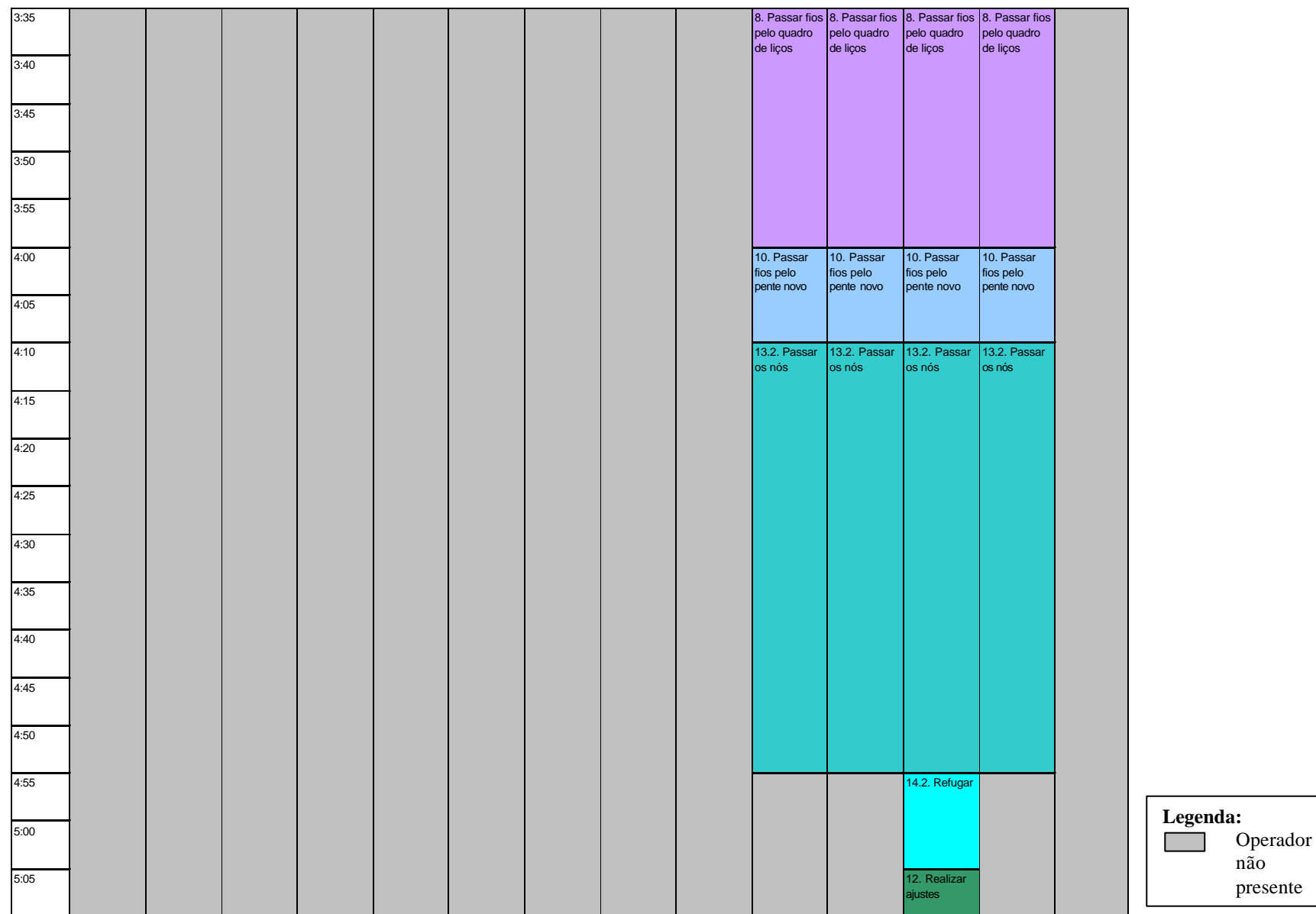


Figura 62 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – processo atual (conclusão)

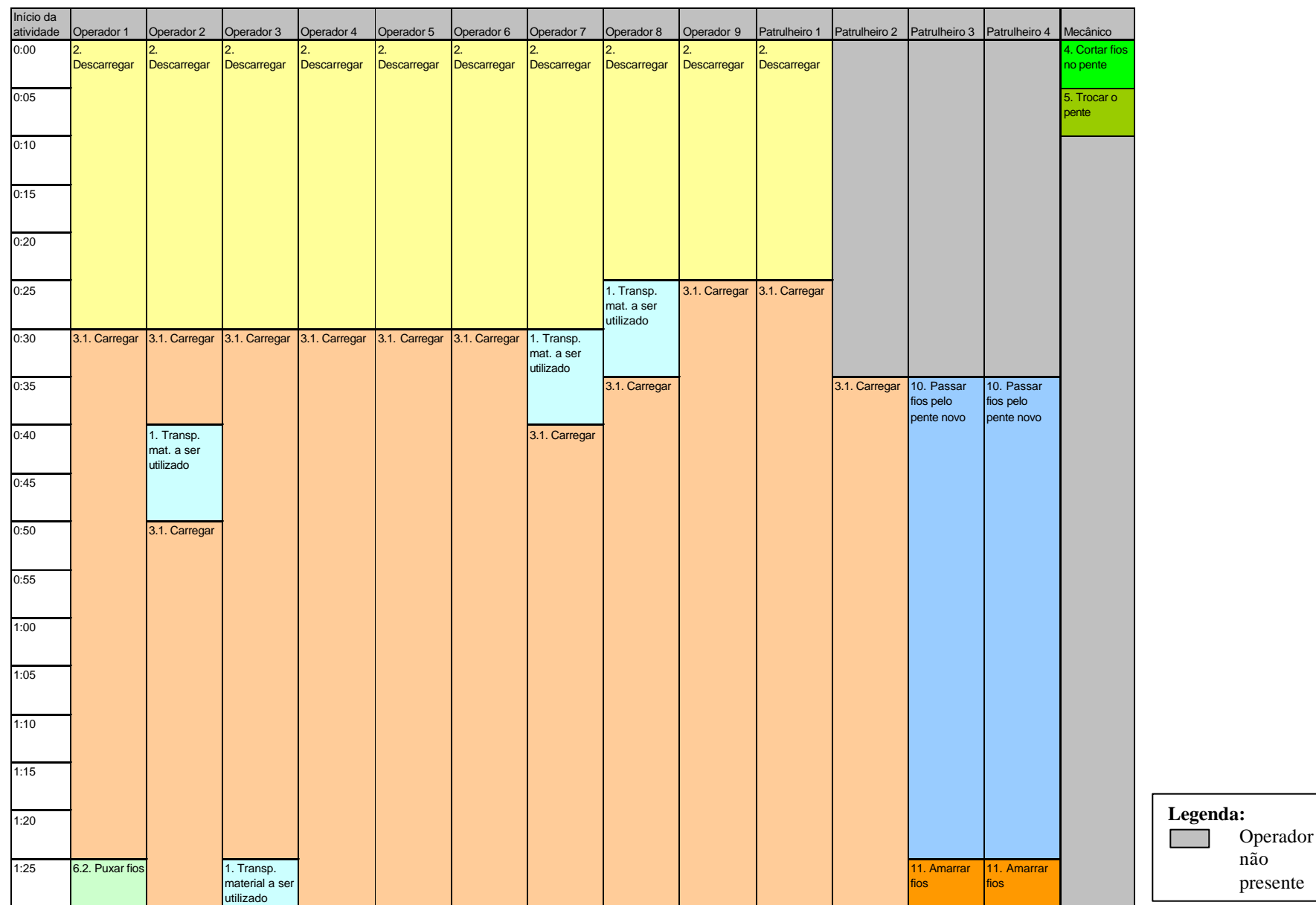


Figura 63 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – após melhoria (c continua)

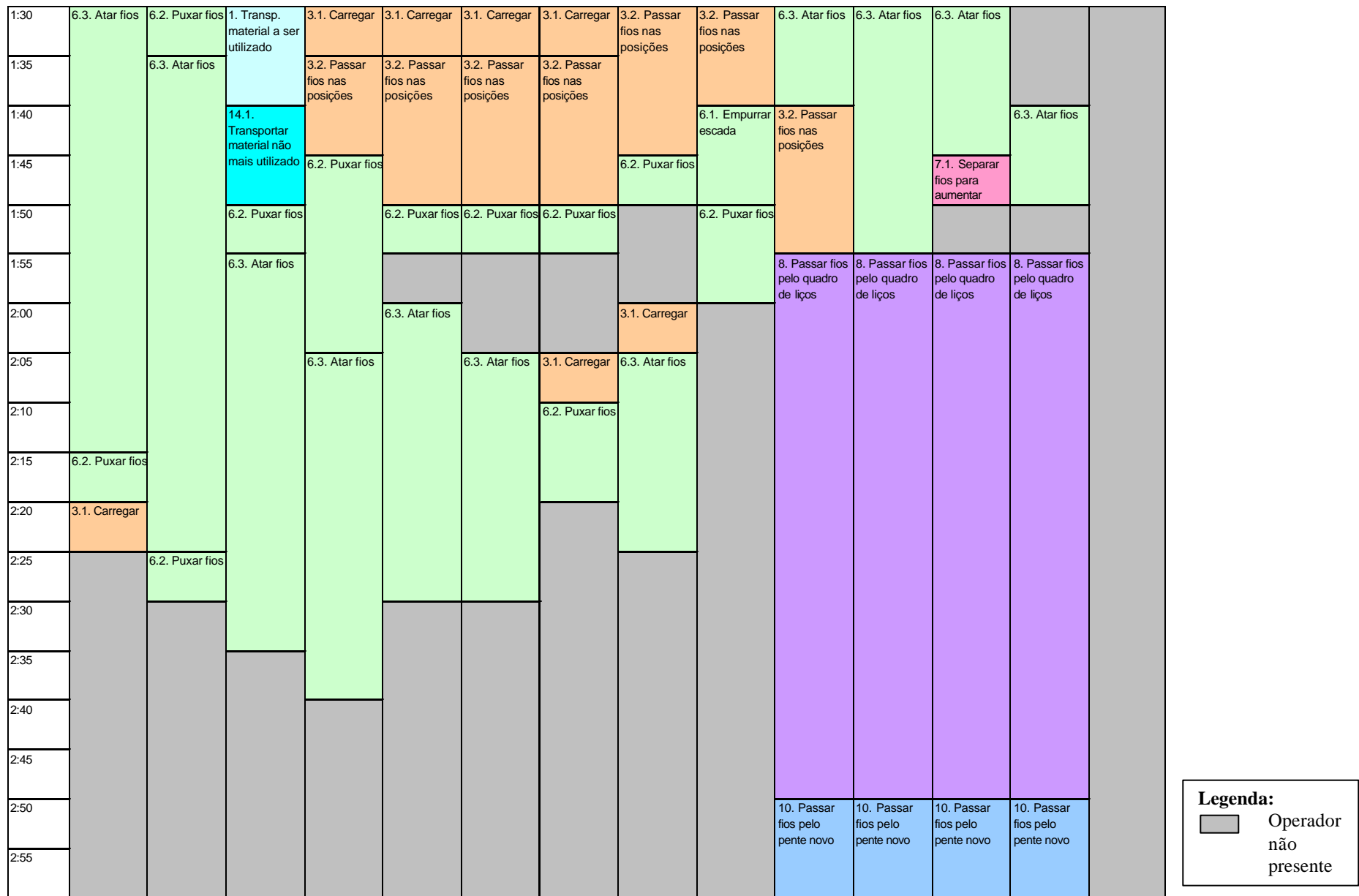


Figura 64 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – após melhoria (continuação)



Figura 65 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca de média complexidade – após melhoria (conclusão)

APÊNDICE C - SIMULAÇÃO DE *SET-UP* INTERNO EM CASO MAIS COMPLEXO

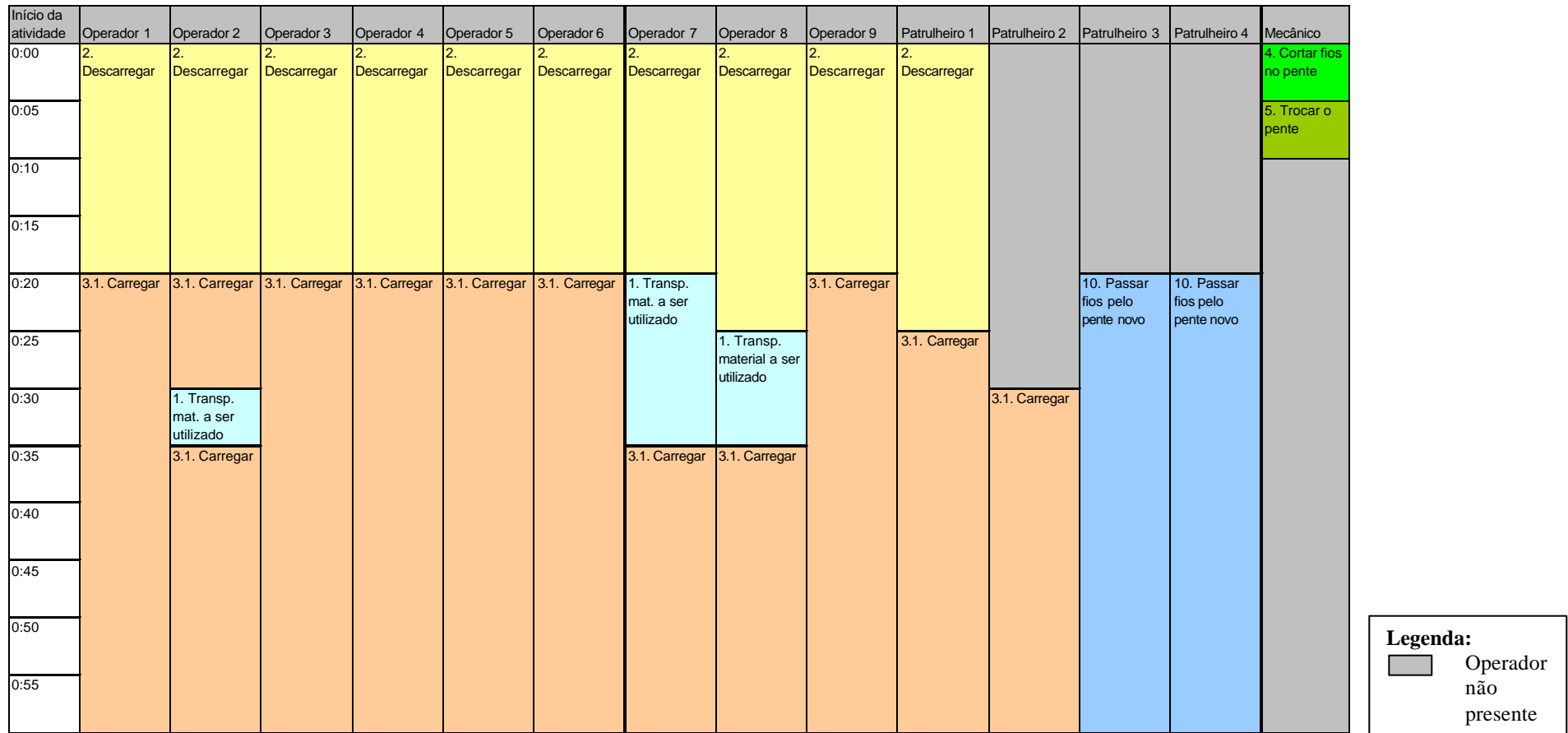


Figura 66 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – processo atual (continua)

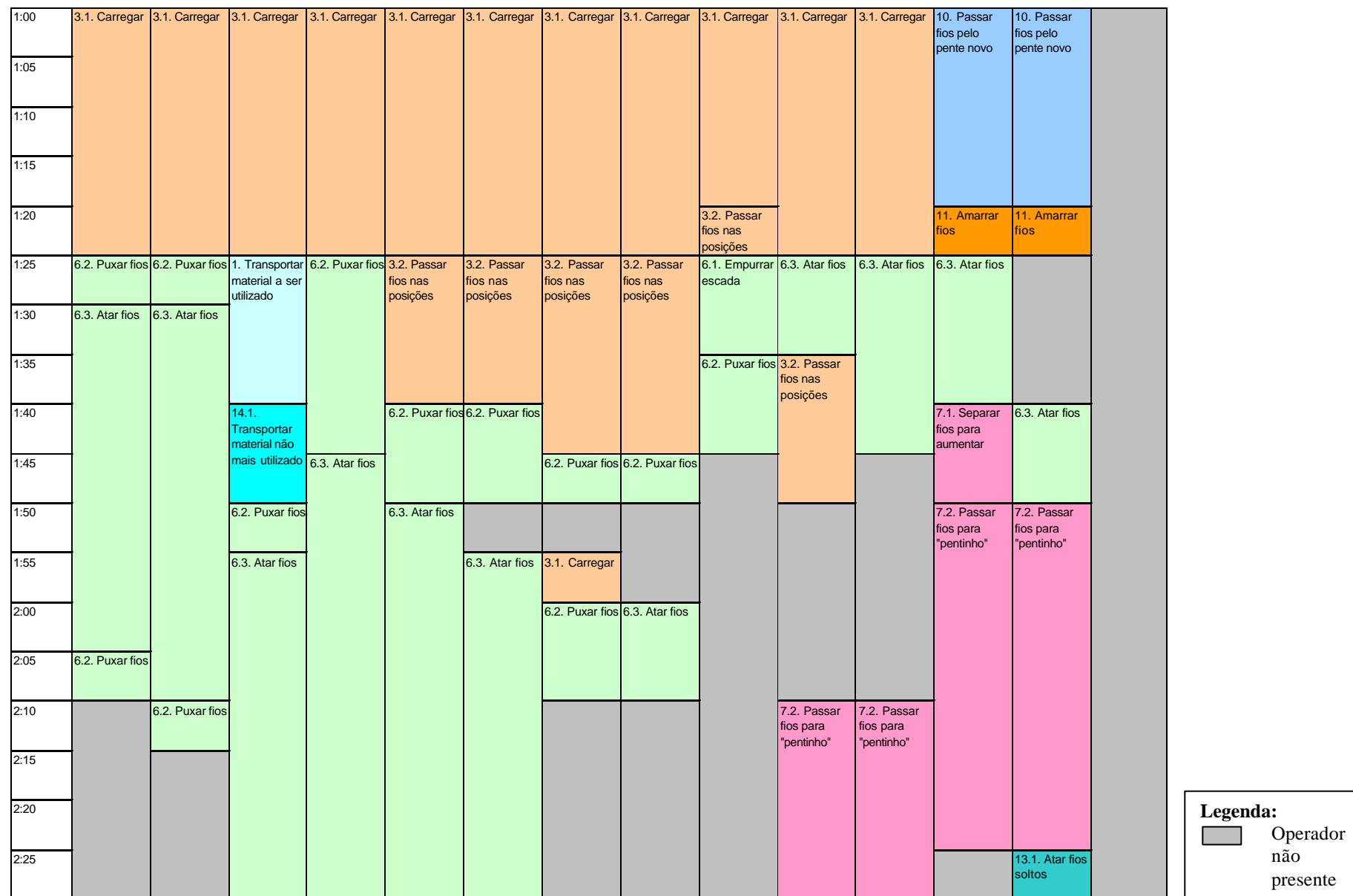


Figura 67 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – processo atual (continuação)

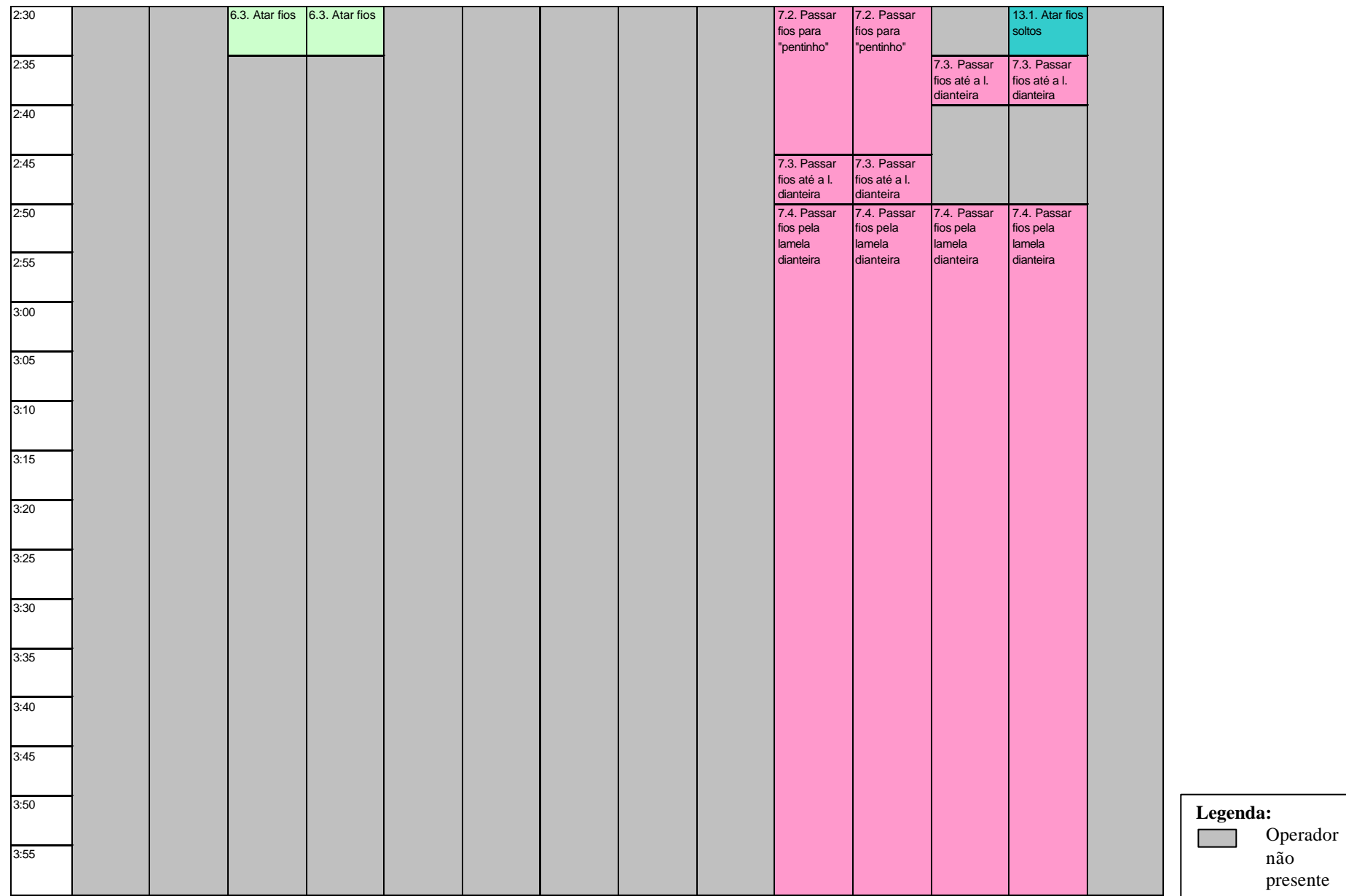


Figura 68 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – processo atual (continuação)

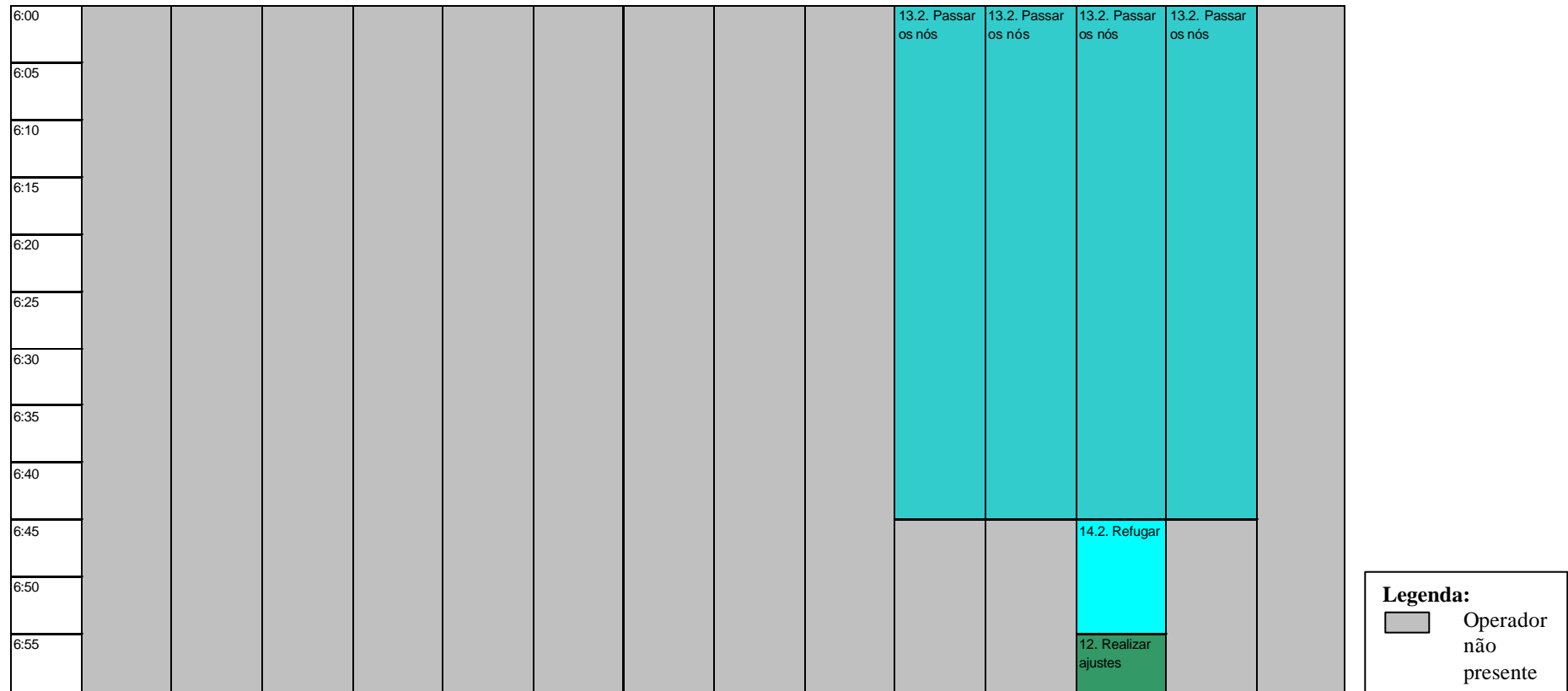


Figura 70 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – processo atual (conclusão)

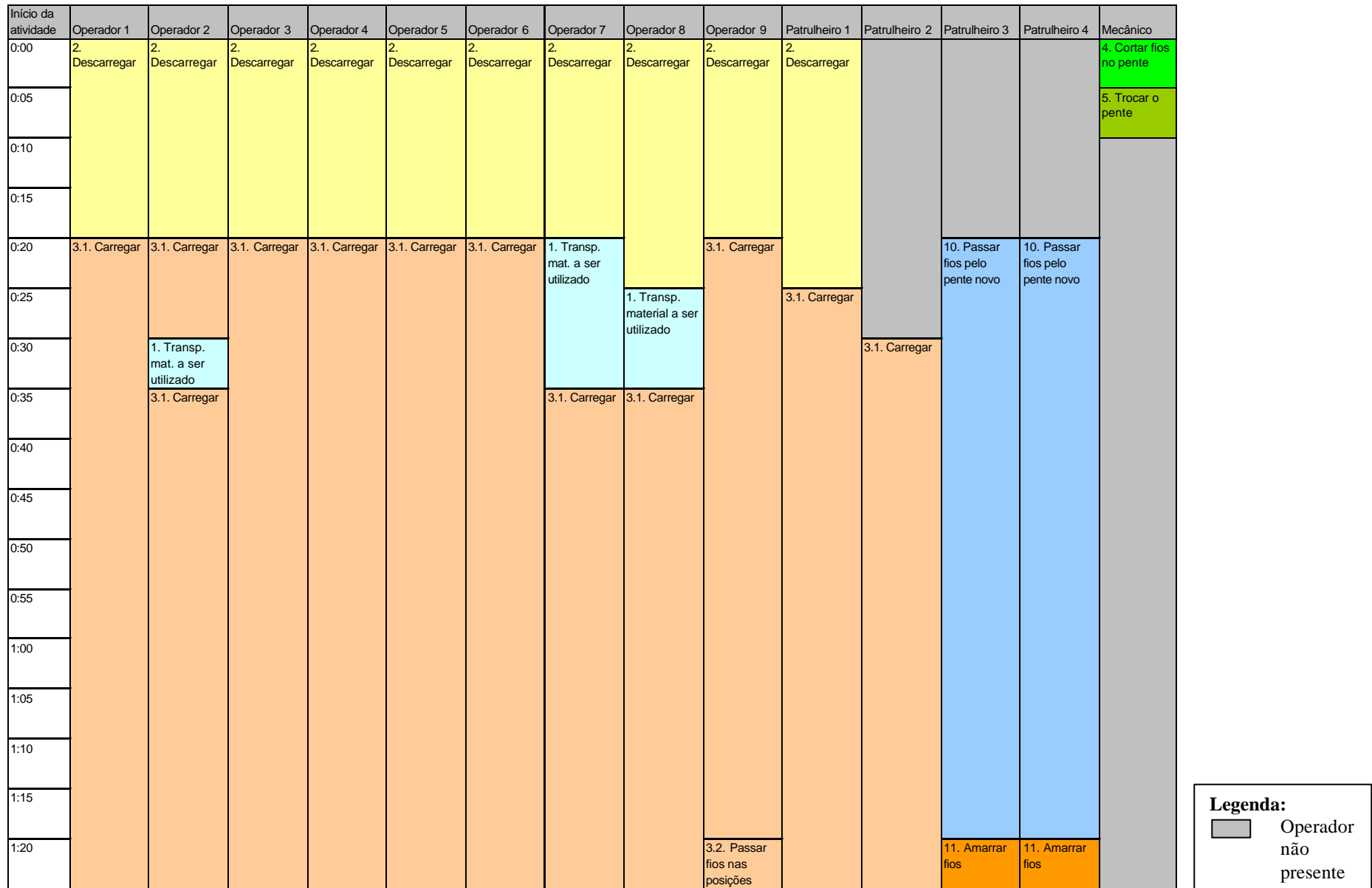
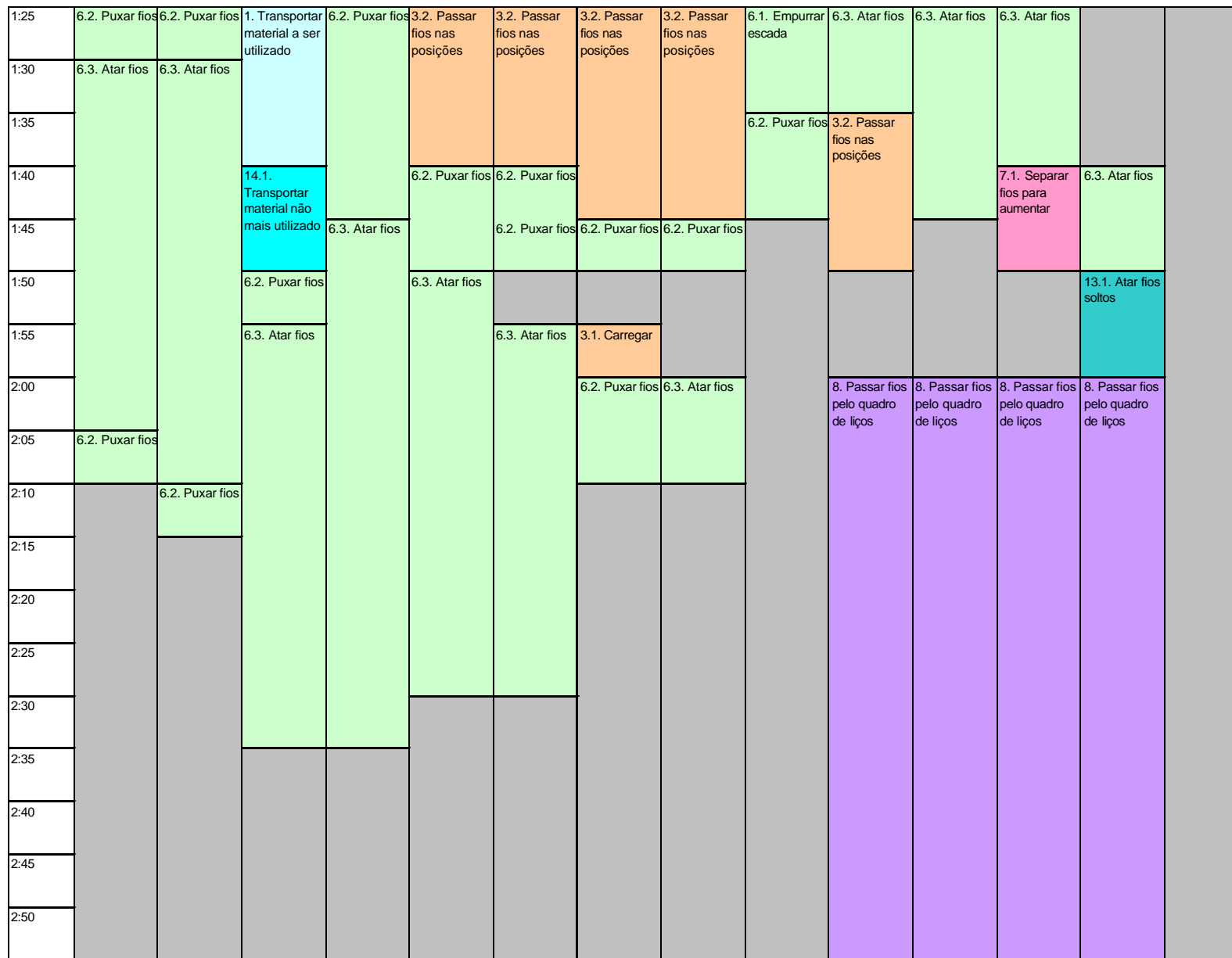


Figura 71 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – após melhoria (continua)




Legenda:
 Operador não presente

Figura 72 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – após melhoria (continuação)

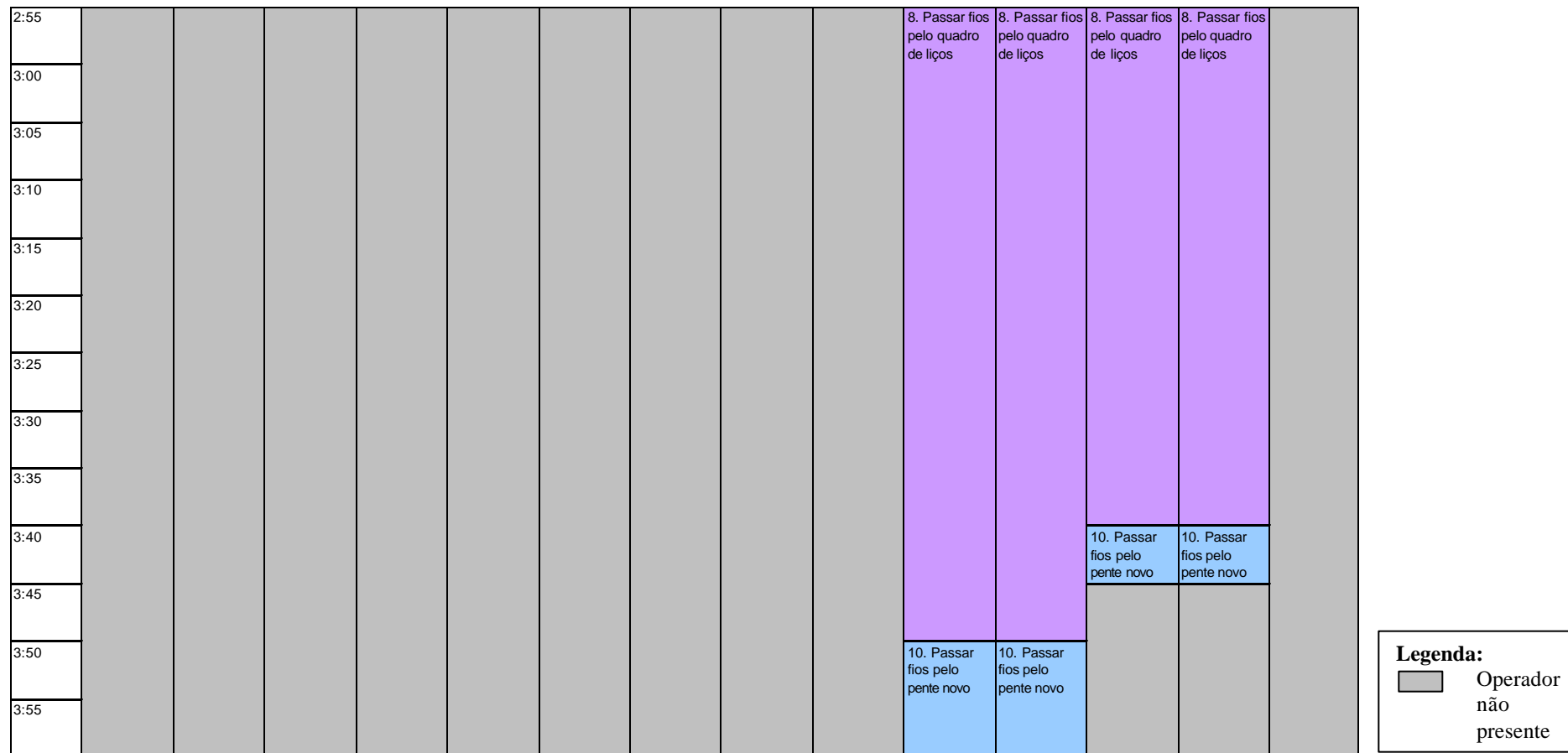


Figura 73 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – após melhoria (continuação)

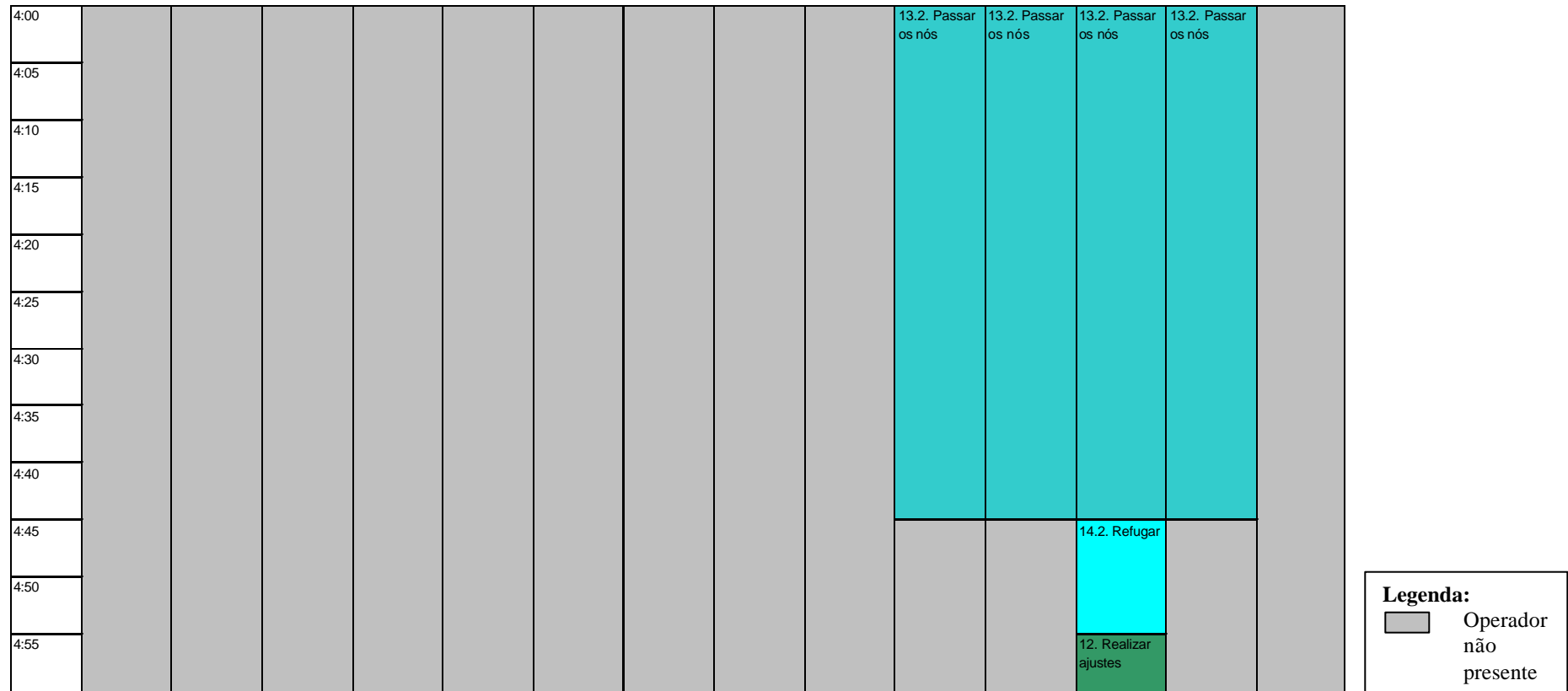


Figura 74 – Gráfico de atividades múltiplas do *set-up* interno de uma troca mais complexa – após melhoria (conclusão)

APÊNDICE D – TESTES DE NORMALIDADE DE METRAGEM DE BOBINAS

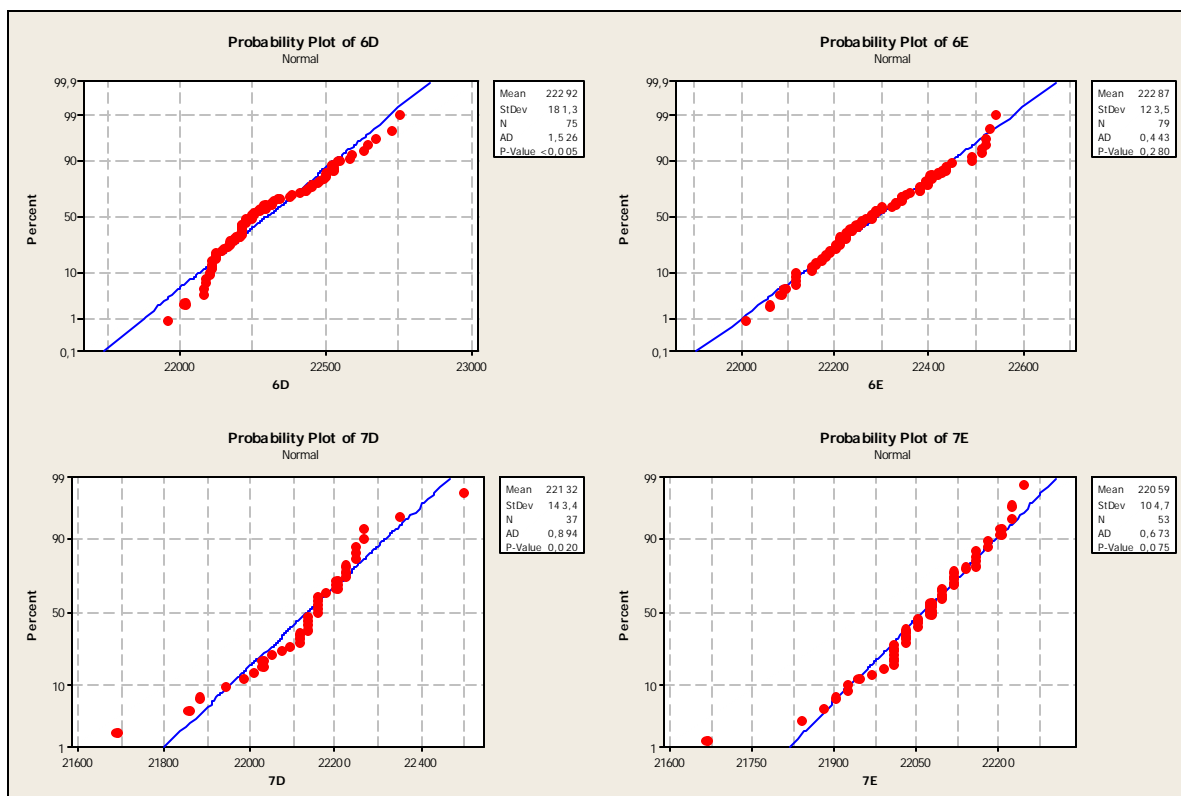


Figura 75 – Teste de normalidade da metragem das bobinas das máquinas 6 e 7

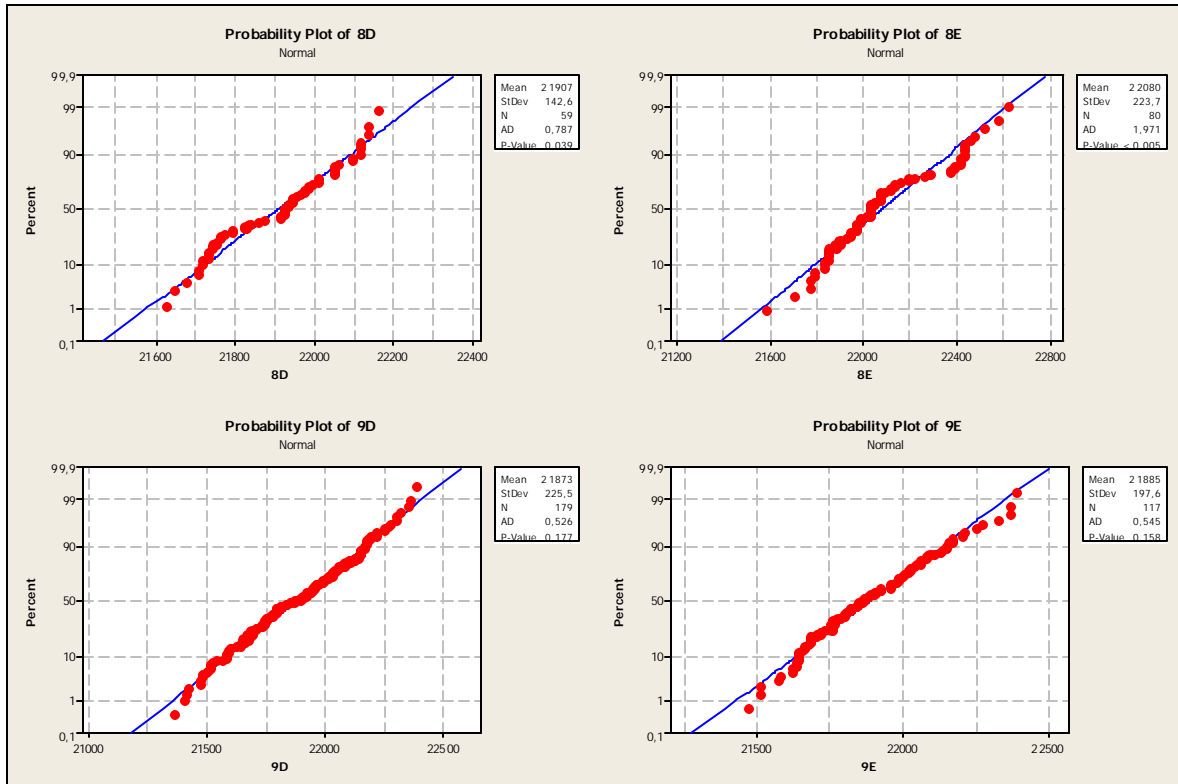


Figura 76 – Teste de normalidade da metragem das bobinas das máquinas 8 e 9

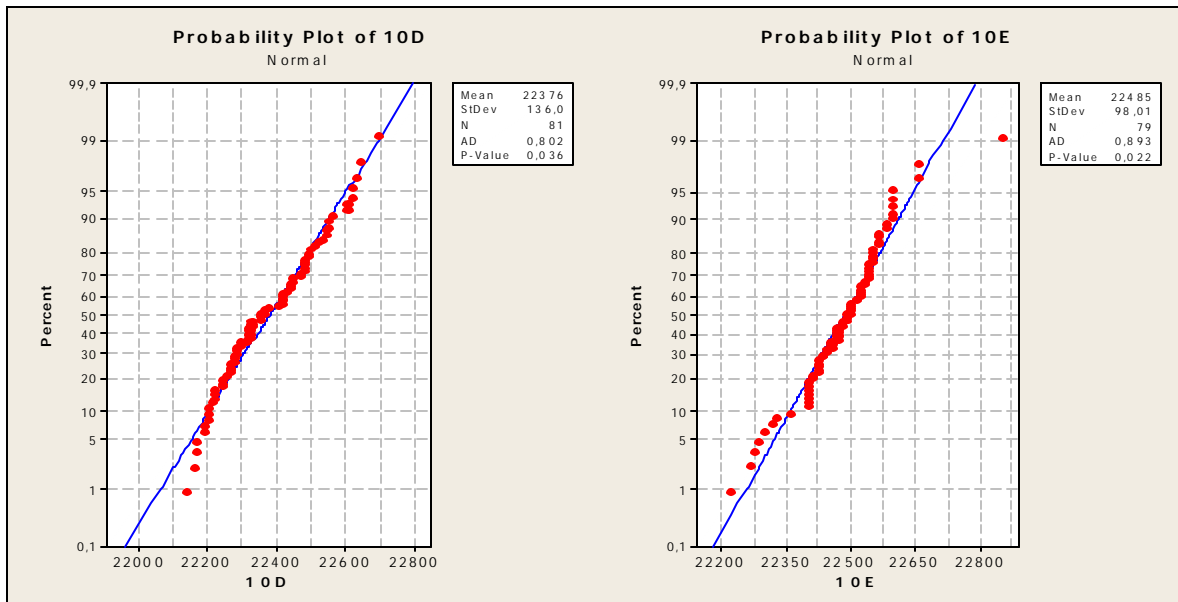


Figura 77 – Teste de normalidade da metragem das bobinas da máquina 10