

Aplicação de metodologias Lean ao longo da cadeia de valor de um fabricante de máquinas-ferramenta

José Pedro Sequeira Machado

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2018-07-02

*“I’ve never been super confident about anything.
The work is never as good as it could be.”*

Lou Reed

Resumo

A empresa na qual este projeto foi desenvolvido debatia-se com problemas no atraso das entregas a clientes, causados por *lead times* muito elevados. Tendo sido adquirida por um grupo com objetivos que não se coadunam com tal situação, era necessário rever vários processos e promover alterações que permitissem a redução dos *lead times*.

Este projeto enquadra-se na revisão dos processos que ocorrem no chão de fábrica, tanto a nível produtivo como logístico, de forma a reduzir os desperdícios.

O *Lean* é um modelo de produção focado na eliminação de desperdícios, apropriado à abordagem de um caso de estudo como este e que por isso foi aplicado à cadeia de valor da organização.

A abordagem adotada durante a análise do estado atual foi a de utilização de ferramentas que permitissem uma perspetiva abrangente na identificação das oportunidades de melhoria. Recorreu-se ao *Value Stream Map*, para o mapeamento do processo de produção e identificação dos fluxos de material e de informação.

Foi de seguida sugerida a aplicação de diversas metodologias para melhorar esses fluxos e a coordenação entre eles, descritas num plano que após implementação prevê um estado futuro com melhorias cujo impacto compensará rapidamente o investimento associado.

Application of Lean methodologies along the value chain of a machine tool manufacturer

Abstract

The company in which this project was developed struggled with problems related with delays in the delivery of products to its clients, caused by high lead times. Having been acquired by a group with goals which were not compatible with such situation, it was needed to revise several processes and to promote changes so that the lead times could be reduced.

This project fits in the revision of the production and logistic processes that happen on the shop floor, in order to eliminate non-value adding activities, so called waste.

Lean manufacturing is a production model focused on eliminating waste. It is appropriate to analyse a case study like this, and was applied along the value chain of the organization.

While analysing the present situation, different tools which allowed a broad perspective on the identification of improvement opportunities were adopted. The Value Stream Map was used to map the production process and identify material and information flows.

Then, several methodologies were suggested to improve those flows and the coordination between them. An implementation plan was also proposed, predicting a future state with improvements whose impact will pay off the investment quickly.

Agradecimentos

A presente Dissertação representa o culminar de um ciclo de estudos, cujo sucesso se deveu ao contributo de várias pessoas, às quais tenho todo o prazer em agradecer.

Em primeiro, aos meus pais, por me terem proporcionado todas as condições, com o apoio e preocupação demonstrados em qualquer altura. Também às minhas irmãs, por continuarem a ser uma das referências mais importantes para mim, assim como ao meu sobrinho Afonso.

Ao Professor Eduardo José Rego Gil da Costa, meu orientador na faculdade, pela disponibilidade demonstrada e aconselhamento dado ao longo do projeto.

Ao Engenheiro Frederico Mourão, meu orientador na empresa, por todo o conhecimento transmitido que se revelou importante no trabalho desenvolvido, e à Dra. Inês Moreira, por também ter desempenhado um papel de orientação essencial.

Ao Engenheiro Rui Neto, pela experiência, disponibilidade e boa disposição colocadas em benefício de diversas fases do projeto e ao Engenheiro Ricardo Couto, pelo contributo inicial para a análise do problema.

Aos Engenheiros Asif Mohammed, Diogo Azevedo, Emanuel Lopes e Margarida Pereira, não só por terem sido incansáveis nos conselhos, sugestões e ajudas de que necessitei, mas também pelo companheirismo e amizade.

A vários colaboradores das equipas de produção e de logística, cuja cooperação foi fundamental na análise do problema.

Ao Engenheiro Francisco Ruivo, pelo interesse mostrado no sucesso do meu percurso académico, tanto nesta fase, como ao longo de todo o curso.

Finalmente, a todos os meus amigos, pelo apoio incondicional e por todos os momentos partilhados.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Adira e Grupo Sonae Capital	1
1.2	Contextualização do Projeto e Áreas de Intervenção	2
1.3	Objetivos do Projeto	2
1.4	Metodologia.....	2
1.5	Estrutura.....	3
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	Fundamentos Lean	4
2.1.1	Eliminação de Desperdícios	5
2.1.2	Value Stream Map	6
2.1.3	Circuito de Reabastecimento Kanban	7
2.1.4	Gestão Visual	9
2.1.5	5S	10
2.2	Modelação de Processos de Negócio	10
2.3	Fluxo de Produção	11
2.4	Fluxo de Logística Interna	12
3	Descrição do Caso de Estudo.....	14
3.1	Introdução	14
3.2	Produção.....	16
3.2.1	Soldadura	16
3.2.2	Maquinagem Pesada	18
3.2.3	Pintura	20
3.2.4	Montagem.....	20
3.3	Logística Interna.....	22
3.3.1	Receção de Matéria-prima e Componentes	23
3.3.2	Abastecimento à Produção.....	24
3.3.3	Devolução de Materiais ao Armazém	32
3.4	Oportunidades de Melhoria.....	32
4	Apresentação da Solução Proposta.....	34
4.1	Redução de Desperdícios no Armazém.....	34
4.2	Redução de Desperdícios na Soldadura.....	35
4.3	Redução de Desperdícios na Maquinagem	36
4.4	Redução de Desperdícios na Secção de Pintura.....	36
4.5	Redução de Desperdícios nos Postos de Montagem	37
4.6	Organização de Zonas de Stock	40
4.6.1	Óleo, Tintas e Diluentes.....	40
4.6.2	Tubos Hidráulicos, Perfis e Tubos	41
4.6.3	Componentes antes da Pintura	41
4.6.4	Componentes após Pintura	42
4.6.5	Conjuntos de Cilindros após Maquinagem Ligeira.....	42
4.7	Plano de Implementação.....	43
4.8	Análise de Resultados.....	44
5	Conclusão	47
5.1	Considerações Finais.....	47
5.2	Perspetivas de Trabalho Futuro	48
	Referências	49
ANEXO A:	Spaghetti Diagram 07/03/2018	51
ANEXO B:	Spaghetti Diagram 08/03/2018	52
ANEXO C:	Spaghetti Diagram 09/03/2018	53

ANEXO D:	Spaghetti Diagram 21/03/2018	54
ANEXO E:	Spaghetti Diagram 22/03/2018	55
ANEXO F:	Spaghetti Diagram 23/03/2018	56
ANEXO G:	Spaghetti Diagram 10/04/2018	57
ANEXO H:	Diagrama Causa-efeito Atrasos na Produção	58
ANEXO I:	Value Stream Map	59
ANEXO J:	Fluxograma Receção de Matéria-prima e Componentes.....	60
ANEXO L:	Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem	62
ANEXO M:	Fluxograma Devolução de Materiais das Máquinas de Corte Laser	66
ANEXO N:	Registo de Pedidos de Alterações	68
ANEXO O:	Registo das Tarefas de Automanutenção	69
ANEXO P:	Pedido e Registo de Reparação de Equipamento	70
ANEXO Q:	Localização Proposta para Parques de Porta-paletes, Painéis de Ferramentas e Zonas de Stock	71
ANEXO R:	Desenho da Tampa da Caixa-paleta para Conjuntos de Cilindros	72
ANEXO S:	Plano de Implementação	73
ANEXO T:	Value Stream Map – Estado Futuro	74

Siglas

PMNT – Pré-montage

SMED – Single-Minute Exchange of Dies

SPMNT – Super Pré-montage

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Stream Map

Índice de Figuras

Figura 1 – Exemplo de <i>muda</i> , <i>mura</i> e <i>muri</i> (Southworth 2010)	6
Figura 2 – Simbologia para o VSM proposta por Rother & Shook (1999).....	7
Figura 3 – Circuito de reabastecimento <i>kanban</i> (Coimbra 2013)	8
Figura 4 – Diferentes tipos de <i>kanbans</i> (Coimbra 2013).....	8
Figura 5 – Organograma Adira.....	14
Figura 6 – Distribuição das vendas.....	15
Figura 7 – <i>Layout</i> e fluxos de material na nave A.....	16
Figura 8 – <i>Layout</i> da nave C e fluxos associados aos processos de maquinagem e pintura	19
Figura 9 – <i>Layout</i> do chão de fábrica	23
Figura 10 – Zona de stock de perfis e tubos	25
Figura 11 – Zona de stock de componentes pintados.....	27
Figura 12 – Zona de stock de mesas.....	28
Figura 13 – Zona de stock de tubos hidráulicos	29
Figura 14 – Zona de stock de bidões de óleo e tintas	30
Figura 15 – Zona de stock de componentes antes da pintura	31

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Oportunidades de melhoria	33
Tabela 2 - Medidas propostas para tarefas da equipa de logística.....	44
Tabela 3 - Medidas propostas para processos não incluídos no VSM	45
Tabela 4 - Medidas propostas e respetivo impacto no VSM do estado futuro.....	45

1 Introdução

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Neste capítulo é efetuada uma contextualização do projeto, com o objetivo de descrever a empresa e os departamentos em que foi desenvolvido. A metodologia adotada será também apresentada, assim como os objetivos e a estrutura do relatório.

1.1 Adira e Grupo Sonae Capital

Este projeto foi desenvolvido na Adira Metal Forming Solutions, S.A., em Canelas, Vila Nova de Gaia. A empresa dedica-se ao desenvolvimento, produção e comercialização de máquinas-ferramenta, maioritariamente para clientes fora de Portugal.

A Adira foi fundada em 1956 e rapidamente começou a sua expansão como uma empresa multinacional, exportando para diferentes países, incluindo economias emergentes. A sua reputação no setor está assente nas competências e excelência dos seus colaboradores, e na fiabilidade demonstrada pelos seus produtos e soluções ao longo dos anos. O seu sistema de gestão da qualidade possui o certificado ISO 9001 e todas as suas máquinas têm o certificado CE.

O setor do Metal Forming, no qual a empresa se insere, é caracterizado por elevada especialização e competências de engenharia, estando em forte crescimento não só nas unidades de negócio tradicionais, mas especialmente na nova tendência do Additive Manufacturing.

O portefólio da Adira inclui uma oferta diversificada de produtos e serviços, sendo constituído por soluções standard, nomeadamente guilhotinas e quinadoras, máquinas de corte *laser* e máquinas especiais, tais como células de quinagem, e ainda outras soluções customizadas. Tem ainda uma equipa de *service* focada na instalação e assistência técnica e formação de operadores. Em 2016, a Additive Manufacturing foi iniciada. Esta é uma nova unidade de negócio que representa a aposta no futuro.

Ainda que possua pequena quota de mercado internacional, a Adira está posicionada no Top10 mundial dos fabricantes de equipamentos para modelação de chapa. Para isso contribui a forte dinâmica tecnológica, com investimento nas áreas de I&D e inovação, tendo sido recentemente distinguida com o Prémio de Inovação Nacional 2017, entregue pelo COTEC-ANI.

Foram essencialmente estas as características que levaram a Sonae Capital a adquirir a empresa, em 2017. Esta aquisição materializou o propósito estratégico do grupo, posicionando-o como um veículo privilegiado de criação de valor baseado no desenvolvimento e alavancagem de vantagens competitivas portuguesas e integrando a empresa num cluster de empresas portuguesas baseadas em competências de engenharia e

desenvolvimento tecnológico com forte vocação exportadora. Aquando da aquisição, foi estabelecido como objetivo o aumento da atual faturação de 15M€ para 25M€ em 5 anos.

1.2 Contextualização do Projeto e Áreas de Intervenção

A competitividade global representa hoje em dia uma preocupação crescente para as empresas. Os clientes têm ao seu dispor uma grande variedade de produtos, o que dificulta uma completa satisfação das suas exigências. As empresas vêem-se obrigadas a adaptarem-se às novas circunstâncias.

Neste contexto, a criação de mecanismos que permitam reduzir o preço dos produtos e aumentar a rapidez na resposta aos pedidos dos clientes tem cada vez mais importância. De forma a manterem-se competitivas, as empresas sabem que a melhoria de indicadores de desempenho relacionados com a produtividade e velocidade de entrega é fulcral.

A implementação de ferramentas *Lean*, ao invés de outras soluções muito dispendiosas, revela ser uma opção efetiva, uma vez que permite a redução de desperdícios e seus custos inerentes sem grandes investimentos. Por isso, e em conjunto com os objetivos delineados pela nova administração, a Adira está a promover uma revisão dos seus processos, para os tornar mais *Lean*.

Foi desta forma que surgiu o presente projeto, elaborado pelos Departamentos Industrial e de Logística e Compras da empresa, com o propósito de reduzir o *lead time* de produção e aumentar o desempenho na entrega ao cliente (*OTD – On Time Delivery*).

Este projeto foca-se particularmente na componente da produção, tendo, no entanto, uma forte ligação com o Departamento de Logística e Compras uma vez que os atrasos verificados estão relacionados em parte com problemas na entrega de componentes à produção.

É por isso evidente que, desde início, a análise não se pode focar apenas no sistema de produção, sendo também fundamental uma análise e revisão dos processos de logística interna.

1.3 Objetivos do Projeto

Este projeto tem como objetivo o aumento da produtividade ao longo da cadeia de valor da organização. Tendo em conta a análise dos diferentes setores da produção e logística interna, os desperdícios identificados terão de ser reduzidos ou eliminados. Para isso, haverá um foco especial na redefinição de fluxos internos de material, na organização de diversas zonas do chão de fábrica e na criação de fluxos de informação para maior visibilidade dos problemas.

1.4 Metodologia

A metodologia usada, definida com o intuito de atingir os objetivos previamente mencionados, pode ser dividida em três fases: diagnóstico e análise crítica da situação atual, proposta de soluções e sua implementação.

Devido à diversidade de produtos existentes no portefólio da empresa, o primeiro passo, integrado na fase de análise da situação atual, foi a definição da família de produtos cujos processos associados seriam mapeados. De seguida, iniciou-se um acompanhamento recorrente do processo de produção de forma a sistematizar as diferentes fases, sua sequência e, posteriormente, a definição de tempos de ciclo das operações. Foi adotado nesta fase o princípio “*Go see at Gemba*”, ou seja, ir ao lugar onde de facto o processo ocorre.

Embora o acompanhamento do processo de produção tenha inevitavelmente dado a conhecer alguns dos processos de logística interna, estes foram analisados em maior detalhe

separadamente. Novamente começando pela definição das fases e respectivos intervenientes, foi depois realizada uma recolha dos tempos a eles dedicados, quando considerada pertinente.

É importante referir que foram utilizadas diferentes ferramentas, aconselhadas pela literatura existente na análise de problemas focados, assim como este, na redução de desperdícios.

Concluída esta fase, os gargalos existentes nos processos de produção e de logística interna foram identificados, e as causas para a sua existência indicadas. Com esta recolha concluída e sistematizada, foi efetuado um conjunto de propostas de *quick-wins*, que são oportunidades de melhoria com ganhos de curto prazo, fáceis de implementar e com baixo custo associado. Os custos associados e os ganhos foram estimados e foi definido um plano de implementação para estabelecer a prioridade que seria adotada na implementação das *quick-wins*.

Uma vez que não houve tempo para implementar grande parte das medidas, a análise e discussão de resultados final foi feita com base nas estimativas de ganhos e o seu impacto nas várias medidas de desempenho recolhidas inicialmente.

Numa perspetiva de melhoria contínua, as diferentes fases acima enumeradas deveriam ser executadas ciclicamente. Por outras palavras, embora a curta duração do projeto não o tenha permitido, deveria ser adotada uma metodologia de constante análise dos processos atuais para definição e implementação de novas melhorias.

1.5 Estrutura

Este documento compreende cinco capítulos. O capítulo introdutório teve como finalidade contextualizar o problema, apresentar os principais objetivos e a metodologia adotada.

No segundo capítulo, apresenta-se um enquadramento teórico dos assuntos abordados ao longo da dissertação, através duma fundamentação assente em livros e publicações científicas.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação do problema, através da descrição da situação atual da organização, no que aos processos de produção e de logística interna diz respeito.

Uma vez apresentado o problema, um conjunto de melhorias é proposto e descrito com detalhe no capítulo quatro.

Por fim, no quinto capítulo são discutidas as principais conclusões sobre o projeto e é feita referência a trabalhos considerados convenientes numa abordagem futura.

2 Enquadramento Teórico

No presente capítulo, os conceitos teóricos considerados pertinentes no enquadramento do projeto são clarificados, tendo como base um conjunto de artigos e publicações especializadas nos temas.

O modelo de produção *Lean* tem uma grande variedade de literatura associada, pelo que é importante uma seleção cuidada de fontes, especificamente direcionada ao trabalho desenvolvido.

Assim, começando por uma abordagem focada nas ferramentas utilizadas na análise do problema, será depois desenvolvida uma revisão literária das metodologias *Lean* aplicadas no âmbito deste projeto.

2.1 Fundamentos Lean

“Quando perguntaram a Taiichi Ohno o que a Toyota estava a fazer a nível de estratégia de melhoria, ele explicou que o que toda a empresa estava a fazer era criar um fluxo de material e um fluxo de informação. O significado de fluxo é “movimento” – a empresa estava a tentar criar um movimento de materiais e informação através da remoção de desperdícios sem adição de valor no fluxo existente.” (Coimbra 2013)

Taiichi Ohno foi o grande responsável pelo desenvolvimento, nos anos 40, do *Toyota Production System* (TPS), mais tarde melhorado por Shigeo Shingo. Numa fase mais avançada, este sistema de produção deu origem ao *Lean*.

O *Lean* é um modelo organizacional de produção, considerado atualmente o estado de arte na indústria (Dombrowski and Mielke 2013), e que tem por objetivo a eliminação de todas as atividades que não geram qualquer valor para o cliente. Tal como o consultor americano Michael George afirmou, “*Lean* significa velocidade”, no sentido em que este modelo permite uma resolução dos problemas de forma rápida e sem recorrer a processos rigorosos que podem levar meses a estar concluídos (Chiarini 2013).

Há cinco princípios definidos como fundamentais na abordagem *Lean* (Womack and Jones 1997):

- Identificar o valor: definição de todos os requisitos pelos quais o cliente está disposto a pagar. Todos os requisitos não desejados pelo cliente representam desperdício;
- Identificar o fluxo de valor: identificação do conjunto de atividades necessárias para a produção do produto. Três diferentes tipos de atividades podem ser identificados: atividades criadoras de valor, atividades não criadoras de valor e atividades não criadoras de valor, mas necessárias;
- Tornar o fluxo de valor contínuo: método de coordenar os processos para facilitar o caminho crítico, abandonando os tradicionais processos com lotes de produção. O objetivo é que os processos sigam um fluxo sem movimentos inúteis, sem stocks, sem tempos de espera e sem filas de espera;

- Deixar o cliente puxar a produção: adoção de um sistema *pull*, no qual a produção do produto só se inicia quando há pedido por parte do cliente;
- Perseguir a perfeição: desenvolvimento e revisão contínua dos processos de modo a caminhar no sentido da perfeição, sabendo, no entanto, que esta nunca é atingida.

Hoje em dia, as organizações abordam a metodologia *Lean* de acordo com o percurso descrito nos próximos subcapítulos. Após definição dos objetivos estratégicos e mapeamento dos processos, definem projetos *Lean* de rápida implementação para redução de desperdícios (Chiarini 2013).

2.1.1 Eliminação de Desperdícios

Muda é um termo japonês com grande importância na execução do TPS. Sinónimo de desperdício, foi Taiichi Ohno que o introduziu, defendendo que a sua redução é a forma mais efetiva de aumentar a produtividade. No entanto, as causas para a existência de *muda* são a maior parte das vezes invisíveis, o que complica a tarefa de identificação e redução (Suárez-Barraza et al. 2016).

Coimbra (2013) enumera sete formas de desperdício:

- Sobreprodução – engloba toda a produção excessiva, seja por quantidade superior ao necessário ou por produção antes do momento em que os artigos são necessários. Inibe o fluxo de produção constante e representa um custo de posse;
- Movimentações de material – inclui todas as atividades de transporte desnecessárias, tal como transporte para stock, e todas aquelas que, embora necessárias, podem ser reduzidas. Enquanto o material está a ser transportado, não há qualquer valor adicionado ao produto;
- Movimentações de pessoas – resulta de todas as deslocações efetuadas pelo operador que não acrescentam qualquer valor ao produto. Estão muitas vezes associadas a desorganização dos postos de trabalho;
- Material em espera – frequentemente designado stock ou inventário, é todo o tempo que não está a ser adicionado valor ao material. Impede ou atrasa muitas vezes a deteção de problemas relacionados com a produção;
- Pessoas em espera – inclui todo o tempo em que o operador não está a adicionar valor ao produto. As causas frequentes são as faltas de material para processar, informação ou equipamento;
- Processamento desnecessário – abrange todas as atividades de processamento que não adicionam qualquer valor ao produto. A inspeção e a correção de produtos defeituosos enquadram-se neste desperdício;
- Defeitos – engloba os produtos que não vão de encontro às especificações. Representa desperdício a nível de matéria-prima consumida e mão-de-obra usada.

Estas sete formas de desperdício estão integradas num conceito mais abrangente, o conceito dos três M's: *muda*, *mura* e *muri*, representados na Figura 1. A criação de *muda* pode ser prevenida pela eliminação de *mura* e *muri*, que podem ser descritos da seguinte forma:

- *Mura* – significa variabilidade, falta de estabilidade. Num processo com demasiado *mura* há muitas variações inesperadas de momento para momento;
- *Muri* – indica irracionalidade por excessos ou insuficiências. Está normalmente associado a sobrecarga dos equipamentos ou dos operadores.

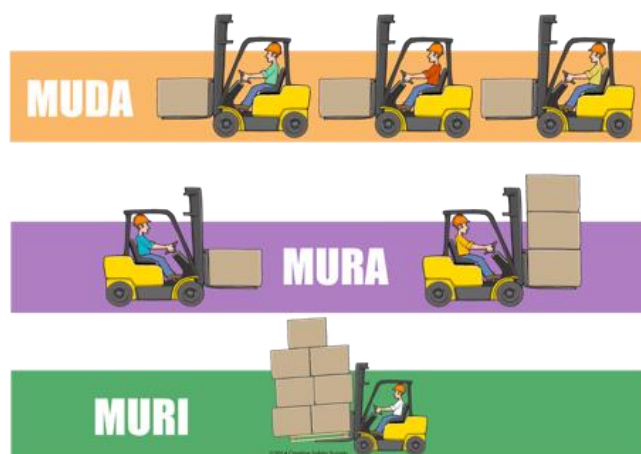


Figura 1 – Exemplo de muda, mura e muri (Southworth 2010)

A partir do momento em que as pessoas dentro da organização estão cientes da existência de desperdícios nos processos, a organização deve esforçar-se para eliminar esses desperdícios. O primeiro passo é a identificação das suas causas, através de ferramentas de mapeamento de processos tal como o *Value Stream Map* (VSM) (Chiarini 2013).

2.1.2 Value Stream Map

O processo de produzir um produto específico, desde a matéria-prima até à chegada ao consumidor final, pressupõe a existência de um fluxo de valor (*value stream*). As operações que constituem esse fluxo podem ser mapeadas recorrendo à ferramenta VSM.

O VSM é um tipo de fluxograma que inclui fluxos de material e de informação seguidos pelo processo de produção, evidenciando também a ligação existente entre os dois (Rother and Shook 1999). Os símbolos utilizados na construção do VSM, que podem ser encontrados na Figura 2, estão standardizados.

No contexto de mapeamento do fluxo de valor, são identificadas todas as atividades que adicionam valor, que não adicionam valor mas são inevitáveis no atual sistema de produção (Chen, Li, and Shady 2010) e ainda as que não adicionam valor e podem ser evitadas e, por isso, eliminadas (Parry and Turner 2006). Assim, a perspectiva de criação do VSM é de trabalhar na melhoria de todo o processo de produção, e não apenas em pequenas partes (Rother and Shook 1999).

A principal vantagem do VSM relativamente a outras técnicas de mapeamento é que este relaciona o processo de produção interno à fábrica a toda a cadeia de abastecimento (Braglia, Carmignani, and Zammori 2011).

Rother & Shook (1999) enumeraram os passos a seguir na utilização desta ferramenta, começando por evidenciar a necessidade de selecionar uma família de produtos, que é um grupo de produtos que passam por operações de produção semelhantes. Braglia et al. (2011) sugerem que esta seleção seja feita com base na família de produtos com maior procura, uma vez que a melhoria dos processos a ela associados deverá resultar em maior eliminação de desperdícios. A definição desta família de produtos pode ser feita exibindo o *mix* de produtos na forma de um gráfico de Pareto.

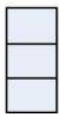
Simbologia VSM			
			
Processo	Fornecedor/Cliente	Inventários	Camião de transporte
			
Caixa de dados	Seta produção <i>push</i>	Seta produção <i>pull</i>	Evento <i>Kaizen</i>
			
Fluxo de informação eletrónico	Fluxo de informação manual	Supermercado	<i>Stock de segurança</i>
			
<i>Kanban de produção</i>	<i>Kanban de levantamento</i>	Posto <i>Kanban</i>	<i>Heijunka box</i>

Figura 2 – Simbologia para o VSM proposta por Rother & Shook (1999)

Após definir a família de produtos a mapear, é feita a recolha de informação no chão de fábrica, de forma a perceber o estado atual e poder desenhá-lo. Com esta informação, será então possível desenhar o estado futuro. No entanto, por vezes pode haver alguma sobreposição no desenho dos dois estados, uma vez que ideias para o estado futuro vão surgir enquanto é definido o estado atual e, por outro lado, informações negligenciadas acerca do estado atual terão de ser entretanto incluídas (Rother and Shook 1999).

O último passo é a preparação dum plano de implementação que permita alcançar o estado futuro. Finalizada a implementação, e considerando uma perspetiva de melhoria contínua ao nível do fluxo de valor, um novo mapa do estado futuro terá de ser desenhado (Rother and Shook 1999).

2.1.3 Circuito de Reabastecimento Kanban

A sobreprodução é um dos desperdícios mais perigosos num sistema de produção. O *kanban*, termo de origem japonesa que significa cartão ou registo, é um método bem sucedido na eliminação da sobreprodução, garantindo também maior flexibilidade na resposta aos pedidos dos clientes e na produção em lotes mais pequenos (Chiarini 2013).

Frequentemente utilizado na logística interna, este cartão representa a encomenda de material de um cliente a um fornecedor. A informação básica impressa nos cartões é:

- Identificação e código do material;
- Identificação do cliente;
- Identificação do fornecedor;
- Quantidade a ser fornecida.

Um sistema de reabastecimento por *kanban* deverá operar de acordo com os princípios esquematizados na Figura 3. O ciclo começa no local de inventário do cliente, quando o stock atinge o *reorder level*. É então dada ordem de reabastecimento através da entrega do *kanban* ao fornecedor (Coimbra 2013).

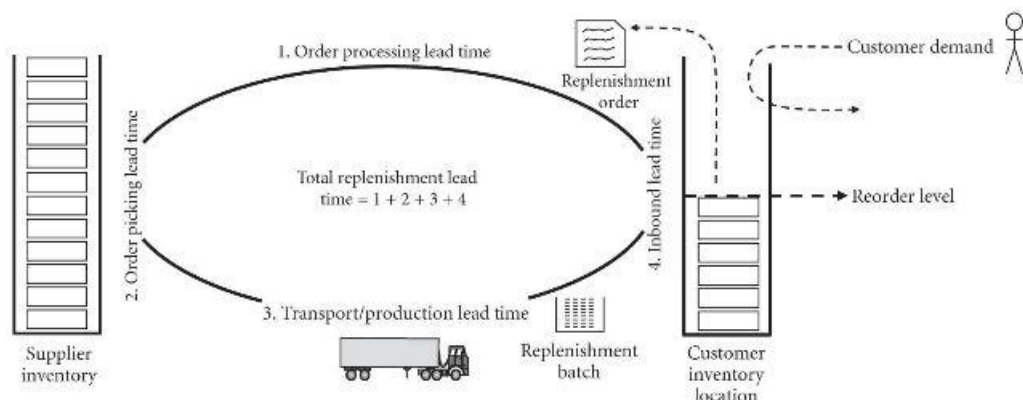


Figura 3 – Circuito de reabastecimento *kanban* (Coimbra 2013)

- *Reorder level* = procura durante o *lead time* de reabastecimento + stock de segurança;
- Stock de segurança = variação da procura + variação do *lead time*.

Os sistemas de reabastecimento por *kanban* podem ser divididos em dois grupos: os *kanbans* de transporte ou movimentação, e os *kanbans* de produção, representados na Figura 4. Tal como o nome sugere, a principal diferença entre eles refere-se à existência, ou não, de produção a meio do ciclo.

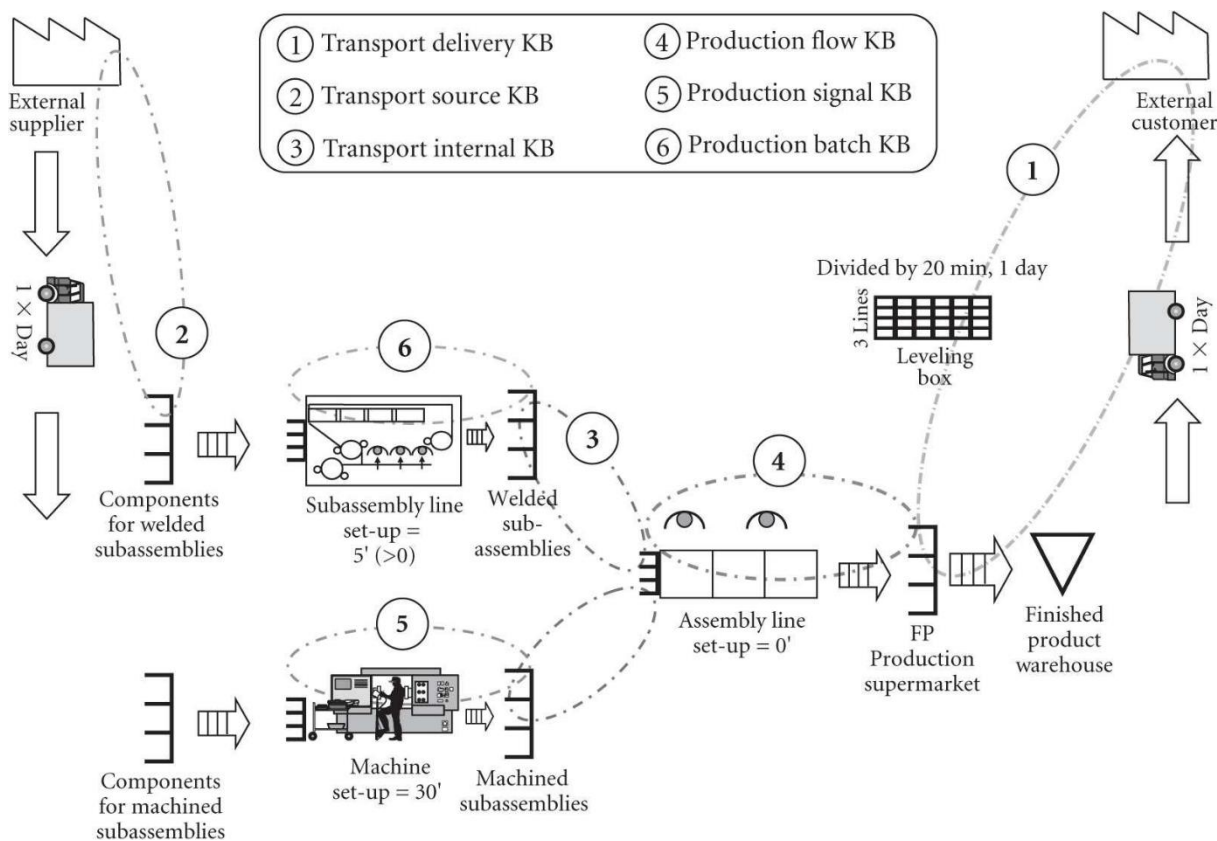


Figura 4 – Diferentes tipos de *kanbans* (Coimbra 2013)

Os *kanbans* de transporte ou movimentação podem ser:

- *Kanban* de entrega, recebido de um cliente e entregue a outro cliente de produto final;
- *Kanban* interno, usado para ligar os processos dentro da organização;
- *Kanban* fornecedor, que funciona como uma encomenda a um fornecedor externo.

Os *kanbans* de produção podem ser:

- *Kanban* de fluxo, que passa por uma máquina ou processo com *changeover* zero;
- *Kanban* sinal, que passa por uma máquina ou processo com *changeover* maior do que zero e sem produção de lote;
- *Kanban* lote, que passa por uma máquina ou processo com *changeover* maior do que zero e com produção de lote (Coimbra 2013; Chiarini 2013).

2.1.4 Gestão Visual

A gestão visual é uma tecnologia de especial importância no processo de comunicação dentro de um sistema de produção *Lean*, no qual qualquer pessoa deve ser capaz de perceber na totalidade o estado de um processo, a todo o momento. As ferramentas de gestão visual tornam o processo transparente e apontam as correções necessárias para cumprir o princípio *pull* (Parry and Turner 2006).

Murata e Katayama (2010) dão cinco razões pelas quais as tecnologias de gestão visual devem ser aplicadas aos sistemas de produção: o tamanho do item visualizado é pequeno, o estado físico do item visualizado é gasoso ou líquido, a energia cinética do item visualizado é elevada, a distância entre o item visualizado e a posição do operador é grande ou outro objeto é um obstáculo na observação do item a visualizar. Assim, grande parte dos elementos visualizados têm de ser transformados em elementos observados.

Esta tecnologia usa o sentido da visão para guiar operações e processos em tempo real, mostrando a diferença entre condições normais e anormais dum sistema de produção e facilitando a comunicação e a medição de desempenho. Põe à disposição um conjunto de ferramentas que dão resposta ao problema da ineficiência na comunicação de informação; isto é, a informação está muitas vezes disponível, mas não é comunicada efetivamente (Murata and Katayama 2010; Parry and Turner 2006).

A gestão visual tem um papel facilitador nas tarefas de *inbound* e *outbound*, através da utilização de ajudas visuais tais como cores e sinais para identificar zonas de armazenamento, corredores e produtos. O objetivo é melhorar os hábitos de trabalho e a produtividade nas tarefas de armazenamento, de reabastecimento e de recolha, reduzindo o número de erros e os enganos nesses processos (Coimbra 2013).

Segundo Parry & Turner (2006), este tipo de tecnologias pode também ser considerada uma extensão às métricas, fornecendo *feedback* instantâneo e sendo útil para prever uma consequência provável caso não seja tomada nenhuma medida. Estas métricas podem ser agrupadas em três categorias:

- Medidas estáticas – recolhidas após o evento ter ocorrido, impedindo qualquer ação corretiva;
- Medidas dinâmicas – atualizadas ao longo do processo, permitindo a identificação de ações corretivas necessárias;
- Medidas motivacionais – destinadas a traduzir metas da organização no âmbito da melhoria contínua.

Neste contexto, para comunicar efetivamente no chão de fábrica, Bilalis et al. (2002) sugerem que representações gráficas, imagens, *posters*, esquemas, símbolos, transparências e códigos de cor são as melhores ferramentas. Para melhorar a disponibilidade de informação as tabelas raramente são recomendadas.

2.1.5 5S

Os 5S são um método para gestão diária da área de trabalho, de forma a mantê-la limpa e arrumada. É frequentemente aconselhado como o primeiro método a aplicar na implementação de melhoria contínua, uma vez que, após um *workshop* básico de 5S a área de trabalho irá parecer muito mais organizada, levando as pessoas a acreditar que um passo importante foi dado e a sentirem-se otimistas relativamente ao processo de mudança (Coimbra 2013).

O nome 5S deriva das iniciais de 5 palavras japonesas:

- *Seiri* – “escolher, separar” tudo o que não é útil para a criação de valor dos processos que ocorrem na área;
- *Seiton* – “arrumar” ferramentas, equipamentos e *work in process*; com um local definido para estes elementos, a tarefa de os encontrar torna-se mais fácil e rápida. A definição desses locais pode ser feita usando ferramentas de gestão visual, tal como etiquetas e marcas no chão;
- *Seiso* – “limpar” a área de trabalho. Nesta fase, é frequente a utilização de *checklists*, para registo das atividades diárias de limpeza e manutenção e para o envolvimento de toda a equipa nesta tarefa;
- *Seiketsu* – “standardizar”, criando um conjunto de instruções fáceis de entender e aplicar no dia-a-dia;
- *Shitsuke* – “manter”. Uma vez atingido o estado de arrumação e limpeza, é necessário criar rotinas para mantê-lo e melhorá-lo. Por outras palavras, aplicar com rigor e disciplina os anteriores 4S.

Com uma implementação bem sucedida de 5S, os principais benefícios esperados são um aumento da produtividade, da qualidade e da segurança (Chiarini 2013).

2.2 Modelação de Processos de Negócio

Um processo de negócio é a combinação de um conjunto de atividades dentro de uma organização, com ordem e dependência lógicas, cujo objetivo é produzir um resultado específico para o cliente (Aguilar-Savén 2004).

A modelação de processos de negócio tem um papel essencial na análise da organização a nível de atores, atividades e fluxos de trabalho. A qualidade desta modelação é de grande importância na alavancagem dos benefícios da melhoria de processos, uma vez que a existência de erros poderá representar custos elevados durante o ciclo de vida de desenvolvimento do processo (Moreno-Montes De Oca et al. 2015).

A tendência crescente da modelação de processos dentro das organizações levou ao surgimento de um grande número de metodologias, técnicas e ferramentas de suporte. Diferentes técnicas são mais adequadas a certos propósitos e a certos níveis de maturidade dos processos (Aguilar-Savén 2004).

Aguilar-Savén (2004) enumerou e descreveu as técnicas usadas mais frequentemente da seguinte forma:

- Fluxograma – representação gráfica formalizada da sequência lógica de um programa, atividade ou processo de produção, para análise, definição ou resolução de um problema. Tem uma simbologia própria para identificação de operações, informação, direção do fluxo e equipamento. É caracterizado por grande flexibilidade, o que é uma vantagem na facilidade de utilização e comunicação de informação, mas uma desvantagem na definição de fronteiras do processo. Assim, é aconselhada a utilização desta técnica caso o processo a modelar precise de grande nível de detalhe;

- Diagrama de fluxo de dados – diagrama que representa os fluxos de informação entre diferentes locais, descrevendo os processos através da ligação existente entre eles a nível de *data stores* e de relações com os atores e o exterior. O principal objetivo desta técnica de modelação é mostrar como a informação entra e sai do processo, onde é armazenada, as atividades que a alteram e a função dentro da organização responsável por essas atividades;
- Diagrama de atividades – representação gráfica de um processo na perspetiva de papéis individuais, responsabilidade por esses papéis e interações entre eles. Esses papéis podem ser desempenhados por funções dentro da organização, *softwares*, clientes ou fornecedores;
- Diagrama de interações – matriz que relaciona atividades (representadas verticalmente) e funções (representadas horizontalmente) dentro da organização, com linhas horizontais a representar as interações humanas. Embora estes diagramas sejam bastante intuitivos, não são incluídas as entradas e as saídas das atividades, havendo muita informação perdida. São menos flexíveis que os fluxogramas, ainda assim bastante apropriados para representar processos muito complexos;
- Diagrama de Gantt – matriz que lista no eixo vertical as atividades de um processo, sendo o eixo horizontal composto por colunas com estimativa do tempo, nível de especialização e nome do responsável da atividade, seguidas de uma coluna por cada período na duração do projeto. São úteis no controlo da situação atual dos projetos, mas pouco adaptados à análise do processo em si.

2.3 Fluxo de Produção

Como já foi referido, chegar a um estado de fluxo de valor contínuo é um dos cinco princípios do *Lean*. Este estado pressupõe um movimento contínuo dos materiais desde a fase de matéria-prima até ao produto acabado. Coimbra (2013) sugere que, neste contexto, há cinco domínios de melhoria.

O primeiro domínio refere-se ao *layout* e desenho da linha. Os processos de produção para as diferentes famílias de produtos devem ser analisados, de forma a desenhar uma linha de produção que possa integrar *one piece flow* tanto quanto possível.

O domínio que se segue é o desenho do bordo de linha. Este domínio refere-se à localização e às propriedades físicas de todos os componentes e matérias-primas abastecidos à linha de produção, representando a interface entre a logística interna e a produção.

Nesta interface, a produção deve preocupar-se apenas com a transformação dos materiais em produto final, sendo da completa responsabilidade da logística a entrega dos componentes corretos, sem defeitos, no momento e no local em que são necessários, e com o método de apresentação correto. Há um conjunto de conceitos relacionados com o bordo de linha, os quais são descritos sucintamente de seguida:

- Unidade de abastecimento pequena – taxa de consumo de cerca de 10 minutos. Implica uma pequena quantidade de componentes, o que representa vantagens a nível de qualidade, custos e ergonomia. Esta unidade de abastecimento deve também ser manuseada sem ajuda de equipamento mecânico, o que também tem implicações a nível de forma e peso;
- Tipo de bordo de linha – contínuo, quando o componente abastecido é sempre o mesmo independentemente do produto (*kanban*), ou sequenciado, quando o componente é abastecido tendo em conta o produto que está a ser processado (*junjo*);
- Localização das unidades de abastecimento – localização frontal ou traseira das unidades de abastecimento.

Um bom desenho do bordo de linha, que envolve a definição das variáveis acima descritas, deve possibilitar a eliminação quase total do *muda* de movimentação de pessoas.

O *standard work*, domínio que se segue, refere-se a executar os processos de forma consistente e num tempo standardizado. Por outras palavras, eliminar a variabilidade (*mura*) no processo (Lu and Yang 2015), desenvolvendo standards que representam a melhor forma conhecida de trabalho no momento e documentá-los com a sequência de trabalho do operador, as suas movimentações e, quando aplicável, a sequência de trabalho da máquina requeridas para produzir uma unidade do produto ou componente dentro do tempo de ciclo (Miltenburg 2007).

Standard work não pode ser visto como uma medida coerciva que pretende estabelecer uma forma de trabalho e limitar as capacidades dos operadores em encontrar métodos que promovam o seu desempenho. Representa, sim, a criação de uma plataforma para aprendizagem individual e organizacional, na qual se aplicará melhoria contínua e que permitirá controlar o processo, aumentar a qualidade e flexibilidade e tornar anomalias transparentes (Emiliani 2008). Como Imai (1986) referiu, “não pode haver melhoria onde não há standards”.

Três elementos servem como base na definição do *standard work*:

- *Takt time*, que é o tempo médio entre o início de produção de uma unidade e o início de produção da unidade seguinte, de forma a satisfazer a procura;
- Sequência de trabalhos detalhada, para o operador cumprir o *takt time* definido;
- Inventário necessário para manter fluxo no processo (LEI 2008).

O quarto domínio sugerido por Coimbra (2013) é o *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED). O SMED é uma abordagem científica à redução de tempos de *setup* que pode ser aplicada em qualquer fábrica e a qualquer máquina (Mcintosh et al. 2010). Esta redução, que visa no limite tempos de *setup* nulos, cria uma flexibilidade de grande importância no contexto da criação de fluxo de valor contínuo, pois permite a redução do tamanho dos lotes de produção.

O último domínio é a automação de baixo custo, que consiste numa mecanização, de grande retorno sobre investimento, das tarefas manuais executadas pelos operadores. Em contraste com a automação total, esta concentra-se em analisar movimentações simples que fazem parte das operações e automatizá-las através de dispositivos mecânicos, tal como alavancas, calhas, guias e gravidade. No entanto, é importante ter em conta que os quatro domínios de melhoria previamente referidos devem já estar implementados, pois doutra forma irá ser feita automação de *muda*.

2.4 Fluxo de Logística Interna

O modo tradicional de organização da logística interna tem como objetivo a otimização da logística interna unicamente, sem ter em conta as necessidades da produção. Não existe uma integração das necessidades dos dois departamentos, sendo as preocupações centradas na minimização dos transportes internos, das áreas para armazenamento e das operações relacionadas com embalamento.

Coimbra (2013) propõe uma abordagem diferente, focada na criação de um fluxo de logística interna que tem como desafio a criação de um fluxo de materiais que garanta o abastecimento de acordo com o tempo de ciclo e de um fluxo de informação que agilize a transformação de encomendas dos clientes em ordens de produção. Integra assim a produção e a logística de forma que o sistema funcione de acordo com o *takt time* e haja nivelamento na carga de trabalho, minimização de stocks e entrega ao processo seguinte *just in time*. Os domínios de melhoria do fluxo de logística interna enumerados por Coimbra (2013) são cinco e surgem com o objetivo de eliminar os *mudas* de material em espera e de movimentação de pessoas.

O primeiro domínio de melhoria são os supermercados, que são áreas de armazenamento descentralizadas ao longo do chão de fábrica que funcionam como zonas intermediárias para fornecimento de segmentos da linha nas proximidades. O objetivo do conceito é tornar o processo de recolha de componentes mais fácil, ajudando na melhoria do fluxo através da eliminação de todas as atividades não criadoras de valor existentes nos armazéns tradicionais.

Assim, o *muda* existente nos armazéns tradicionais nas operações relacionadas com transporte de paletes, embalagem e procura dos componentes pode ser eliminado com a criação de supermercados, que garantem a existência de unidades de abastecimento a alturas mais baixas e por isso mais acessíveis, facilmente manuseáveis e identificadas através da utilização de ferramentas de gestão visual.

Relacionado com o domínio dos supermercados, surge o domínio do *mizusumashi*, comboio logístico. O comboio logístico consiste num operador responsável pelo abastecimento à linha, deslocando-se com um pequeno comboio que para junto aos supermercados, transfere a paleta para o comboio e a transporta até à zona de produção onde esta é necessária.

Este comboio desloca-se segundo uma rota definida, entre os supermercados e os bordos de linha, de acordo com um tempo de ciclo fixo. Ao longo dessa rota, o *mizusumashi* para nas diferentes secções da linha, verifica a necessidade de material e remove as unidades de abastecimento vazias.

O terceiro domínio de melhoria é a sincronização, que está relacionado com o sistema de informação utilizado para sinalizar o início da produção ou o início da recolha ou entrega de componentes. Num ambiente *Lean* a sincronização é feita, no chão de fábrica, recorrendo a ferramentas de gestão visual. Estas dão indicações ao *mizusumashi* acerca da necessidade de transporte de unidades de abastecimento e de início da produção.

O domínio de melhoria que se segue refere-se ao nivelamento. O nivelamento é o planeamento da produção em pequenos lotes, produzindo quantidades constantes (niveladas) do mesmo produto, numa frequência regular. O objetivo deste sequenciamento é a eliminação de picos no consumo de certos componentes e matérias-primas, facilitando a definição de um modelo de reabastecimento de inventário por parte dos fornecedores.

O quinto e último domínio é o planeamento puxado da produção, que serve como *input* do domínio de nivelamento e envolve decisões relacionadas com a estratégia de planeamento dos produtos finais e dos componentes necessários para a sua produção, da capacidade necessária a nível logístico e de produção e do plano de execução. Através da definição destas variáveis, a utilização de previsões da procura, que serve como *input* no planeamento empurrado da produção, é reduzida significativamente.

3 Descrição do Caso de Estudo

No presente capítulo, será feita a descrição do estado presente dos processos de produção e de logística interna da organização, efetuando uma análise crítica com base em alguns dos conceitos teóricos abordados ao longo do capítulo anterior.

Esta análise foi realizada com recurso a ferramentas como o VSM, o diagrama de fluxos, o diagrama causa-efeito e o *spaghetti diagram*. A sua utilização permitiu a organização e sistematização da informação, para identificação dos problemas e gargalos existentes na parte da cadeia de valor inserida no âmbito do projeto.

O VSM e diagramas de fluxos associados aos processos de logística interna serão referidos ao longo do capítulo. Os *spaghetti diagram* e diagrama causa-efeito podem ser consultados nos Anexos A a G e Anexo H, respetivamente.

Os problemas identificados funcionarão como oportunidades de melhoria que motivarão a aplicação de ferramentas *Lean* para a sua resolução, descritas no quarto capítulo.

A descrição do caso de estudo está dividida em quatro subcapítulos. O primeiro serve como introdução ao caso de estudo, onde serão referidos aspetos relacionados com a estrutura organizacional e os produtos da Adira. De seguida, apresentam-se dois subcapítulos, um dedicado à descrição do processo de produção e outro à dos processos de logística interna. No último subcapítulo é efetuada uma síntese das oportunidades de melhoria identificadas ao longo dos subcapítulos anteriores.

3.1 Introdução

A estrutura organizacional da Adira é constituída pelos departamentos que se encontram representados no organograma da Figura 5.

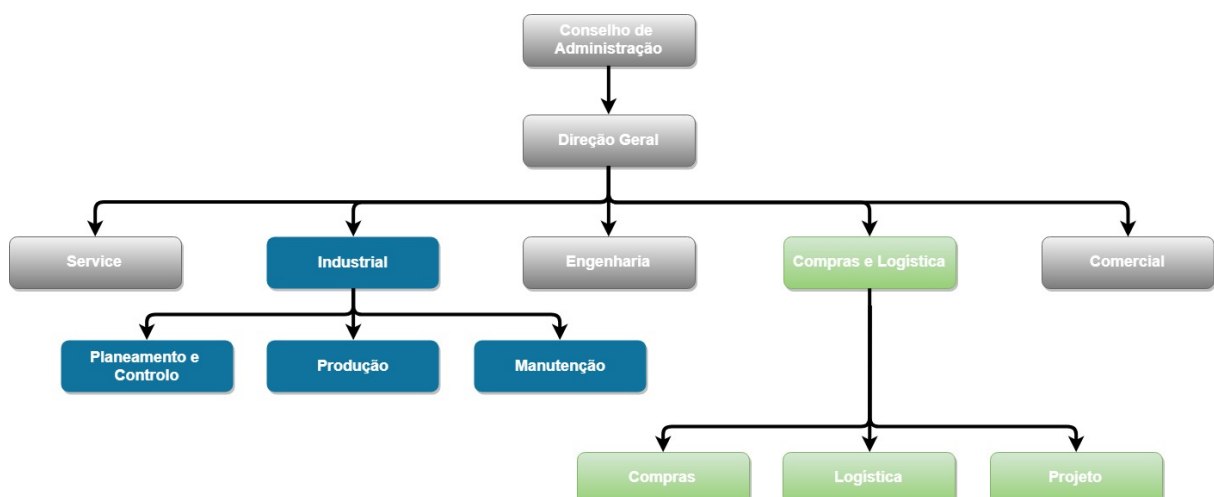


Figura 5 – Organograma Adira

Cada departamento tem diferentes funções e responsabilidades nos processos da cadeia de valor da organização. O projeto que serviu como base para esta Dissertação está integrado nos processos que o Departamento Industrial e o Departamento de Compras e Logística desenvolvem nessa cadeia de valor.

Estes departamentos são responsáveis por produzir (ou facultar as necessidades para a produção de) uma vasta gama de produtos, que representa uma importante vantagem competitiva para a Adira. Essa gama de produtos inclui as máquinas de corte *laser*, as guilhotinas e as quinadoras. Dentro de cada uma destas gamas, existe ainda uma variedade de soluções adequada à diversidade de necessidades dos clientes.

Dada esta grande variedade de soluções e o curto tempo para o desenvolvimento do projeto, não foi possível abordar todo o portefólio da Adira, focando-se este trabalho numa família específica de produtos. Recorreu-se aos dados relativos às vendas durante os últimos dois anos e às máquinas que, embora ainda não faturadas, estavam já no plano de produção. Foi feita uma análise de modo a determinar a família de produtos que tem maior procura, que resultou no gráfico apresentado na Figura 6.

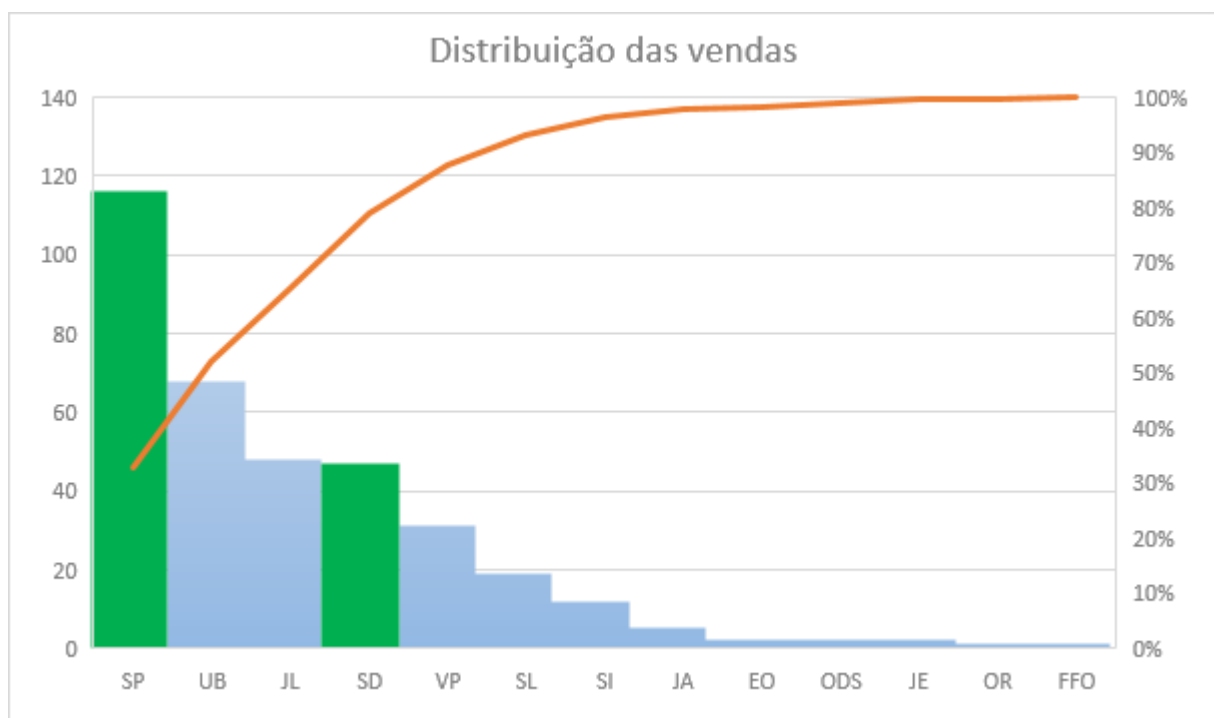


Figura 6 – Distribuição das vendas

É possível concluir que o modelo mais representativo nas vendas é a família de quinadoras SP, com 33% das vendas. A família de quinadoras SD também será incluída no estudo, uma vez que o processo é igual ao das SP até uma fase muito tardia da sua produção. A família de máquinas constituída por estes modelos representa um total de 46% das vendas da Adira.

Uma vez definida a família de produtos na qual o estudo dos processos iria incidir, foi definido o caminho crítico, o qual iria ser mapeado recorrendo ao VSM. No caso do processo de produção destes modelos, o caminho crítico envolve todos os processos produtivos nos quais é adicionado valor ao corpo da estrutura da máquina. Estes processos serão descritos com pormenor no subcapítulo seguinte.

Não obstante a definição da família de produtos a mapear e dos processos incluídos no caminho crítico, o acompanhamento recorrente desses processos no chão de fábrica levou à identificação de oportunidades de melhoria em outras áreas. Assim, também foram analisados processos como:

- O fluxo de cilindros desde a secção de maquinagem ligeira até ao posto de Pré-montagem (PMNT), por ter sido apontado como uma das causas de danos nestes componentes, que constituem o circuito hidráulico das máquinas;
- A devolução de materiais das máquinas de corte *laser* ao armazém durante a montagem, uma vez que a acumulação desses materiais nos postos de montagem prejudica o aproveitamento do espaço nesta zona, que é partilhada para a montagem dos vários modelos de máquinas.

3.2 Produção

O processo de produção das máquinas em análise pode ser dividido em quatro fases: Soldadura, Maquinagem, Pintura e Montagem.

O Departamento Industrial é responsável por estas operações, com as funções de Planeamento e Controlo, Manutenção, Gestão da Produção, Fabrico e Montagem a terem um papel preponderante na execução das ordens de produção.

Os processos produtivos que ocorrem no chão de fábrica foram analisados, apresentando-se de seguida a sua descrição pormenorizada, com referência aos principais problemas encontrados. Todas estas informações foram importantes na construção do VSM do estado atual, que pode ser consultado no Anexo I.

3.2.1 Soldadura

Os processos descritos neste subcapítulo realizam-se todos na nave A. As matérias-primas para os processos estão localizadas nesta nave:

- As chapas, empilhadas na zona de decapagem;
- Os perfis e os tubos, arrumados junto à zona de manutenção.

O *layout* da nave A pode ser consultado na Figura 7, na qual estão identificadas as zonas cuja localização é importante na compreensão do fluxo de produção descrito neste subcapítulo. Os fluxos representados são exemplificativos, uma vez que, como vai ser referido posteriormente, as zonas de stock não estão definidas e os diferentes postos de oxicorte e soldadura podem ser usados indistintamente para as respetivas operações de oxicorte e soldadura. No entanto, a sua utilização como apoio na leitura da descrição que vai ser feita de seguida facilita a compreensão do fluxo de produção.

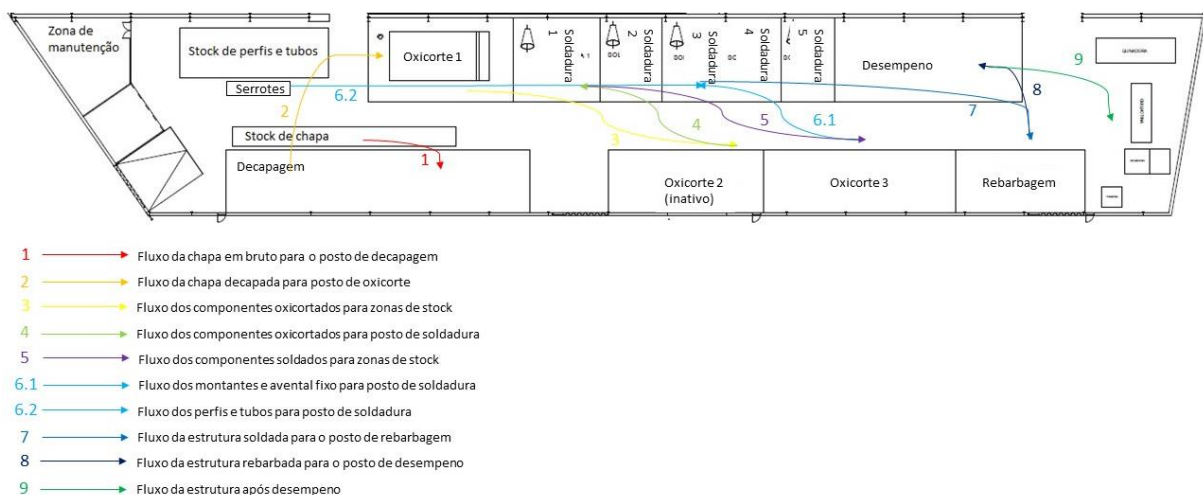


Figura 7 – Layout e fluxos de material na nave A

Antes do processo de oxicorte, a chapa é decapada e pintada. Para isso, é colocada, com a ajuda da ponte rolante, na decapadora (fluxo 1 da Figura 7), na qual um tratamento por granalha de ferro é aplicado à chapa. Durante o processo de decapagem, e à medida que porções da chapa têm aplicado o tratamento por granalha de ferro, esta é pintada.

Quando a pintura está concluída, a chapa é movimentada para a zona de oxicorte 1 ou 3 (fluxo 2 da Figura 7), conforme a disponibilidade. Uma vez pousada, os parâmetros do oxicorte são definidos pelo operador e ocorre o corte de chapa. Após esta tarefa, e até que o corte esteja concluído, o operador não está responsável por nenhuma tarefa, ficando apenas atento a qualquer problema que possa surgir no funcionamento da máquina. Este período de espera representa um *muda* de pessoas em espera, uma vez que o operador não está a adicionar qualquer valor ao produto.

Quando terminado o processo, o stock de componentes oxicortados é constituído por: C's, capacetes, placa de elevação, chapa de espaçamento, guias, duas chapas de montantes, bases, barras, chapa do avental fixo, reforços e avental móvel. As zonas de stock dos componentes após oxicorte são definidas sem qualquer consideração do posto em que vai ocorrer a soldadura, posteriormente (fluxo 3 da Figura 7).

Não foi recolhido tempo para cada um dos processos descritos anteriormente, porque estes são aplicados a chapas que não são utilizadas unicamente para a estrutura duma máquina. No entanto, as operações também estão incluídas no VSM.

Os componentes oxicortados vão ser soldados de modo a dar origem a quatro componentes: dois montantes, um avental fixo e um avental móvel. O processo de soldadura de todos eles tem uma sequência de operação semelhante, descrita de seguida.

O operador é responsável, antes de iniciar o processo produtivo, pela tarefa logística de movimentar os componentes desde a zona onde foram colocados após oxicorte até ao posto de soldadura (fluxo 4 da Figura 7). O fluxo de material após oxicorte não está, como referido anteriormente, definido, ocorrendo situações em que os componentes têm de ser movimentados até ao fundo da nave, regressando posteriormente a um dos postos de soldadura. Este transporte é realizado recorrendo às pontes rolantes, para componentes de massa elevada, ou, para componentes mais leves, com uma paleta e um porta-paletes. A espera pela utilização das pontes e a degradação dos porta-paletes dificulta este processo.

Todos os componentes oxicortados têm de ser rebarbados antes da soldadura, de forma a retirar as imperfeições existentes nas superfícies, originadas durante a operação de oxicorte. No entanto, não há nenhum responsável exclusivamente pela rebarbagem nesta fase, pelo que os soldadores estão encarregues de realizar essa operação, após a qual ainda têm de desempenar os componentes. Só depois de terminado o desempenho é realizada a montagem e soldadura. No final, os soldadores têm de rebarbar e desempenar o componente soldado, para depois movimentar os componentes para zonas de stock (fluxo 5 da Figura 7), novamente sem qualquer consideração da zona onde a estrutura de que vão fazer parte vai ser montada.

Durante a análise deste processo, foram identificados vários desperdícios. As diferentes fases de rebarbagem, desempenho, montagem e soldadura envolvem trabalho nas duas faces dos componentes, obrigando à utilização das pontes rolantes frequentemente para os colocar sobre os cavaletes de acordo com a posição necessária ao trabalho que vai ser efetuado. As esperas para utilização das pontes representam intervalos de tempo em que, por um lado, não está a ser adicionado qualquer valor aos componentes (*muda* de material em espera) e, por outro lado, o operador não está a executar qualquer processo de adição de valor (*muda* de pessoas em espera). Também o facto de não estar definida a zona de stock no fim do processo de soldadura representa, novamente, desperdício, uma vez que provoca movimentações de material desnecessárias.

Outro dos aspetos que deve ser referido é a soldadura dos quatro componentes acima referidos não ser feita em paralelo. A recolha realizada estabeleceu um tempo médio de 16,5h para os dois montantes, 2,5h para o avental fixo e 1,25h para o avental móvel, perfazendo um tempo total de 20,25h. Feito em paralelo, e recorrendo ao trabalho simultâneo de quatro dos cinco postos de soldadura, os componentes que vão ser usados para a soldadura da estrutura podiam ser soldados em 8,25h. O *muda* de material em espera é de cerca de 12h para cada um dos montantes, 17,75h para o avental fixo e 19h para o avental móvel.

O próximo passo na produção é a soldadura da estrutura. O *inbound* para esta fase consiste nos dois montantes e avental fixo, cujo processo de produção foi anteriormente descrito, e nos perfis e tubos. Antes de serem montados, os tubos são cortados nos serrotes. Já os perfis precisam de passar por um processo de decapagem, pintura e corte antes de serem montados na estrutura, semelhante ao descrito para os outros componentes da estrutura, com exceção do corte, que é efetuado nos serrotes.

Uma vez disponíveis os montantes e o avental fixo (fluxo 6.1 da Figura 7), os perfis e os tubos (fluxo 6.2 da Figura 7), pode começar o processo de montagem da estrutura, para depois ser realizada a soldadura. No final, a estrutura é movimentada até ao posto de rebarbagem (fluxo 7 da Figura 7). Estes processos perfazem um tempo total de 12h, tendo sido identificados desperdícios novamente na espera para utilização das pontes rolantes e movimentação de material.

Após soldada, a estrutura é rebarbada. Esta operação é realizada no posto de rebarbagem, ao fundo da nave, e leva cerca de 3h até estar concluída, após as quais a estrutura tem de ser movimentada para o posto de desempenho (fluxo 8 da Figura 7). O desempenho tem um tempo de ciclo de 0,5h. Finalizado o desempenho, a estrutura é colocada ao fundo da nave A (fluxo 9 da Figura 7), sendo importante a perda natural de tensões que ocorre nesta fase, a última antes de ser movimentada para a nave C, onde vai ser maquinada.

O avental móvel, que não é montado na estrutura nesta fase, também tem de ser movimentado para a nave C, para proceder à operação de maquinagem. A acumulação de estruturas e aventais, em espera para maquinagem, é outro dos *mudas* identificados neste setor.

Finalizada a descrição do processo de soldadura, é importante fazer referência ao estado atual dos postos de trabalho nesta secção da fábrica. A limpeza é praticamente inexistente, existem estantes nas quais se acumulam componentes sem qualquer utilidade, os equipamentos de soldadura não são arrumados ao fim do dia e as diversas ferramentas de apoio estão espalhadas pela nave, sem local definido.

3.2.2 Maquinagem Pesada

As operações de maquinagem que se seguem ao processo de soldadura têm como objetivo efetuar sucessivas remoções de material, de acordo com a necessidade de criar as bases para a fixação de todos os componentes elétricos e mecânicos durante o processo de Montagem. Estas operações são realizadas nos centros de maquinagem, na nave C.

O *layout* da nave C pode ser consultado na Figura 8, onde está também representada parte das naves A e B de modo a desenhar os fluxos que a estrutura e o avental móvel seguem desde a nave A até à saída do posto de pintura.

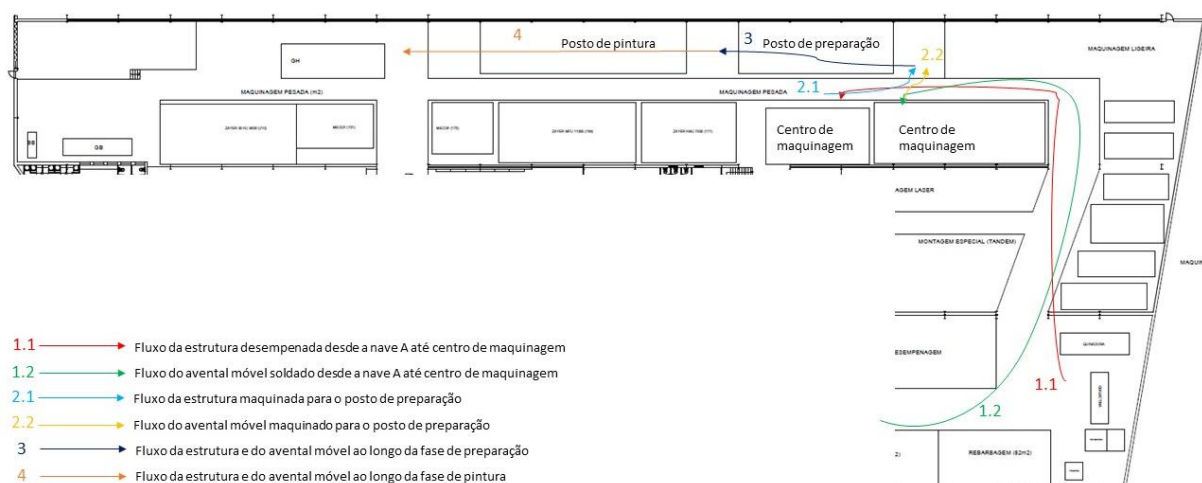


Figura 8 – Layout da nave C e fluxos associados aos processos de maquinagem e pintura

O processo de maquinagem começa com o transporte desde a nave A até um dos centros de maquinagem na nave C (fluxo 1.1 da Figura 8, para a estrutura; fluxo 1.2 da Figura 8, para o avental móvel). É necessário depois colocar e nivelar o componente. Durante esta fase, são definidos os procedimentos de configuração, verificação e ajuste dos componentes a maquinar e dos parâmetros da máquina responsável pelas operações.

De seguida, é levada a cabo a primeira remoção de material, num processo de pré-maquinagem, na qual o rigor dos parâmetros de maquinagem ainda não é crucial, sendo por isso executado de forma mais rápida. Uma vez concluída essa pré-maquinagem, o rigor dos parâmetros torna-se mais relevante, sendo executada de seguida uma primeira maquinagem com o objetivo de maquinar, de forma mais precisa, as faces e superfícies das quais já foi removido material na pré-maquinagem. Segue-se a primeira retificação, durante a qual as faces e superfícies anteriormente maquinadas são alvo de uma série de procedimentos de alta precisão.

Após a primeira retificação é realizada uma segunda maquinagem, durante a qual ocorre um processo semelhante ao descrito para a primeira maquinagem, sendo, contudo, aplicada desta vez às faces laterais e superfícies onde o controlo tem de ser mais rigoroso do que na primeira maquinagem. É, de seguida, realizada uma segunda retificação, para remoção de material nas superfícies mais sensíveis e com maiores especificidades. O processo de maquinagem é finalizado com uma verificação global de todas as superfícies maquinadas e movimentação do componente desde o centro de maquinagem para uma zona livre na nave C. Quando possível, o componente é colocado à entrada do posto de preparação (fluxo 2.1 da Figura 8, para a estrutura; fluxo 2.2 da Figura 8, para o avental móvel), no entanto é frequente o espaço disponível nessa zona não ser suficiente.

O processo de maquinagem duma estrutura tem um tempo de ciclo de 16h. O tempo de ciclo de maquinagem do avental móvel, por sua vez, é de 12h.

O acompanhamento do processo permitiu identificar alguns desperdícios transversais às diferentes fases de maquinagem. A capacidade de memória para armazenamento de linhas de comando é extremamente limitada, o que impede o operador de pré-programar os procedimentos. Este apenas tem a possibilidade de definir algumas pré-programações básicas que permitem agilizar o processo de configuração. Torna-se por isso indispensável a intervenção do operador ao longo do processo e alguma destreza, o que não está de acordo com o princípio de separação das operações homem-máquina.

A manutenção das máquinas também é outro dos aspetos que afeta negativamente a produtividade. Através do histórico de manutenção recente, foi possível estimar um tempo de

paragem de 250h, num total de cerca de 10.000h de operação, o que representa cerca de 2,5% de tempo em inatividade. Assim, os desperdícios identificados nos postos de maquinagem estão maioritariamente associados à falta de manutenção das máquinas, que provoca frequentes e longas paragens dos processos produtivos que ocorrem no setor. Outra das consequências dessa falta de manutenção é as máquinas não poderem muitas vezes ser usadas no limite das suas capacidades, levando a tempos de ciclo mais prolongados.

Outro dos aspetos a prejudicar a produtividade na secção de maquinagem pesada é a organização e desgaste das ferramentas de apoio ao processo e a acessibilidade dos desenhos das estruturas que servem de guia para os componentes ali maquinados, obrigando o operador a procurá-los sempre que surge a sua necessidade.

Foi também referido que a inexistência de alongamentos nas máquinas complica a garantia de estabilidade das estruturas ao longo do processo.

3.2.3 Pintura

Uma vez terminadas as operações de maquinagem, o próximo passo no processo produtivo é a pintura. À entrada da secção de pintura, no posto de preparação, é necessário tirar rebarbas, dar massa e lixar, aplicar um primário e detetar irregularidades (fluxo 3 da Figura 8), e só depois começa o processo de pintura propriamente dito (fluxo 4 da Figura 8).

A pintura é realizada por conjuntos, o que complica a definição de um tempo de operação para a estrutura e para o avental móvel. Foi, no entanto, estimado um tempo de cerca de 4,5h por estrutura e de 2h por avental móvel.

A secção está organizada, sendo visível, no entanto, que a limpeza na zona devia ser realizada mais frequentemente.

Foi identificado um problema que, embora não incluído no fluxo de produção analisado no VSM, influencia a produtividade no posto de pintura. Os carros usados como suporte para as estruturas e aventais não estão adaptados para outro tipo de componentes, nomeadamente blindagens e depósitos, impedindo a sua colocação de modo que seja possível pintar as várias faces sem alterar a posição do componente. Este problema, além de provocar frequentemente defeitos na pintura que têm de ser posteriormente corrigidos no posto de montagem, obriga a movimentações e esforços pouco ergonómicos por parte dos operadores da produção. É assim identificado um *muda* de movimentação de material, de defeitos e de processamento desnecessário. Estima-se que, para o conjunto de blindagens de uma máquina e depósito, este desperdício seja de cerca de 0,5h e 0,17h, respetivamente.

3.2.4 Montagem

Uma vez pousado o corpo da estrutura num dos postos da nave B, começam as diferentes fases de montagem da máquina. A primeira fase é a Super Pré-montagem (SPMNT), que consiste num conjunto de operações de montagem dos componentes standard. Por sua vez, a Customização, fase seguinte, depende dos opcionais escolhidos pelo cliente. Embora sejam fases distintas, o facto de geralmente serem executadas pelo mesmo operador leva a que se sobreponham e que componentes que fazem parte da Customização sejam montados sem que a SPMNT esteja já concluída. Os componentes mecânicos e hidráulicos são montados durante estas fases.

Numa fase avançada da SPMNT e Customização, começa a Montagem Elétrica, da responsabilidade de uma empresa subcontratada, e a Chaparia. Uma vez concluídas as SPMNT, Customização e Montagem Elétrica, é realizado o Ensaio, após o qual é feita a Inspeção, antes da máquina estar pronta para expedição.

As operações de montagem não estão standardizadas. Os montadores fazem o trabalho sem uma sequência e método definidos a partir dos quais se devam guiar, o que representa uma perda na produtividade.

Um exemplo dessa perda de produtividade está presente na falta de coordenação entre o início da Montagem Elétrica e certas operações de SPMNT e Customização, que leva a que alguns componentes elétricos montados dificultem a posterior montagem de componentes mecânicos ou hidráulicos.

Assim, a existência de *mura* nos processos produtivos realizados no posto de montagem é muito grande, tornando complicada a tarefa de melhorar o método de trabalho em si.

No entanto, o acompanhamento recorrente do processo permitiu a identificação de problemas que se verificam independentemente do método e sequência adotados pelos operadores da produção, e que vão ser de seguida descritos.

Os óleos e diluentes e as ferramentas de apoio a que é necessário recorrer, tal como calços para fixação do avental móvel, níveis, máquina de roscar, máquina de aperto pneumático e respetivas chaves, não têm uma localização definida. Após a sua utilização, o montador arruma-os em local variável. Assim, quando necessárias novamente, os seus colegas não sabem onde as podem encontrar e se de facto estão disponíveis no momento, o que representa um *muda* de movimentação de pessoas. Em média, são desperdiçados cerca de 5 minutos para encontrar cada uma das ferramentas, o que representa cerca de 0,5h desperdiçadas por cada máquina montada.

O abastecimento do depósito com óleo também é problemático. Cada depósito tem de ser abastecido com 130l de óleo, o que representa cerca de 0,5h. O montador é obrigado a acompanhar todo o processo, devido à inexistência de uma bomba de aspiração autónoma que permita definir a quantidade a abastecer e libertar o montador para outras tarefas. Foi assim identificado um *muda* de pessoas em espera nesta operação.

O fluxo dos aventais móveis na produção é outro fluxo que deveria ser redefinido. Este componente, após pintado, é movimentado até ao posto de PMNT, onde é efetuada uma montagem prévia. Só depois o avental é montado no corpo da estrutura. O facto de serem feitas várias operações de montagem após a pintura sujeita-o à necessidade de ser repintado frequentemente. Uma redefinição do fluxo que permitisse que o avental seguisse diretamente da pintura para a montagem na estrutura resolveria este problema.

O método usado para abastecimento dos componentes de armazém ao posto de montagem também foi analisado. A utilização de unidades de abastecimento de dimensão elevada, com uma grande diversidade de componentes misturados, representa tempo perdido no momento de procurar o componente necessário para a operação seguinte. Esta acumulação de componentes prejudica a organização do posto de montagem, representa utilização de espaço que poderia ser utilizado para operações de adição de valor e é uma desvantagem a nível de possíveis defeitos adquiridos pelos componentes por estarem sujeitos à movimentação de pessoas na sua proximidade constantemente.

Foram identificados erros nos aviamentos. Alguns destes erros estão relacionados com materiais entregues em quantidades superiores às necessárias, tendo também sido verificados casos de componentes existentes no armazém identificados como sendo de supermercado em sistema, obrigando os montadores a deslocar-se ao armazém para os recolher (*muda* de movimentação de pessoas). Para os materiais entregues em quantidades superiores às necessárias, já existe um processo de melhoria implementado para que as árvores do produto sejam corrigidas e assim progressivamente o armazém entregue as quantidades corretas; para o segundo caso, os erros, embora identificados pelos montadores, não são comunicados de forma que os aviamentos sejam corrigidos, sendo identificado aqui um problema no fluxo de

informação. São desperdiçadas, em média, cerca de 0,25h por cada máquina montada devido a estes erros.

A gestão visual na área resume-se a marcações no chão que indicam a separação entre os diferentes postos de montagem. Os corpos da estrutura têm também uma placa identificativa com informações acerca do modelo e número da máquina a ser produzida. No entanto, não há definição do local em que as paletes de aviamento, os carrinhos de apoio e os cavaletes devem ser colocados. A informação acerca do estado em que se encontra o processo e os indicadores de desempenho são inexistentes. Por outras palavras, o princípio referido no capítulo anterior segundo o qual “qualquer pessoa deve ser capaz de perceber na totalidade o estado de um processo, a todo o momento”, não está a ser cumprido.

Apesar da variabilidade verificada no processo de montagem, o número de máquinas cujos processos de SPMNT, Customização, Montagem Elétrica, Chaparia, Ensaio e Inspeção foram acompanhados permitiu o cálculo do tempo de ciclo médio para algumas das fases:

- SPMNT – 36h;
- Customização – dependente da configuração da máquina;
- Montagem elétrica – dependente da configuração da máquina;
- Chaparia – 24h para os modelos SP e 32h para os modelos SD;
- Ensaio – 20h;
- Inspeção – 8h.

3.3 Logística Interna

Este subcapítulo descreve os processos de logística interna que ocorrem na Adira. A movimentação de matérias-primas e componentes, de produção interna ou de fornecedores, é uma atividade crucial para a produtividade da organização. No entanto, a complexidade associada à movimentação de componentes com massas muito elevadas e a variedade de artigos necessários para as tarefas de montagem descritas no subcapítulo anterior são fatores dificultadores.

As tarefas de logística interna não são responsabilidade apenas da equipa de logística, que não tem de momento capacidade para garantir todos os fluxos internos de material. A equipa de produção tem também um papel importante neste contexto. No entanto, o trabalho conjunto das duas equipas leva à existência de um elevado número de pessoas envolvidas no processo, causando por vezes falhas no fluxo de informação, que deveria estar coordenado com o fluxo de material.

Na perspetiva da equipa de produção, as movimentações relacionadas com as tarefas de logística interna são evidentemente prejudiciais para a sua produtividade. Os operadores desta equipa são obrigados com grande frequência a sair dos respetivos postos de trabalho para transportar materiais, o que representa períodos de paragem na execução de atividades de adição de valor. Além do mais, as movimentações dos operadores da produção para recolha de componentes são geralmente apenas para proveito das tarefas que os próprios estão a executar, não havendo qualquer integração das necessidades existentes no momento em outras secções.

A logística interna na Adira pode ser dividida em quatro processos:

- Receção de matéria-prima e componentes;
- Abastecimento à produção (matérias-primas, componentes e produção interna);
- Devolução de materiais ao armazém;
- Expedição das máquinas.

Os fluxos de materiais e de informação associados a estes processos foram analisados recorrendo a fluxogramas. Apenas a expedição das máquinas não foi acompanhada, por não se integrar no âmbito do projeto.

Na Figura 9 é representado o chão de fábrica, com identificação da localização de zonas onde ocorrem processos produtivos, zonas de stock e fluxos de material que ocorrem entre estas, aos quais será feita referência nas próximas secções do documento.

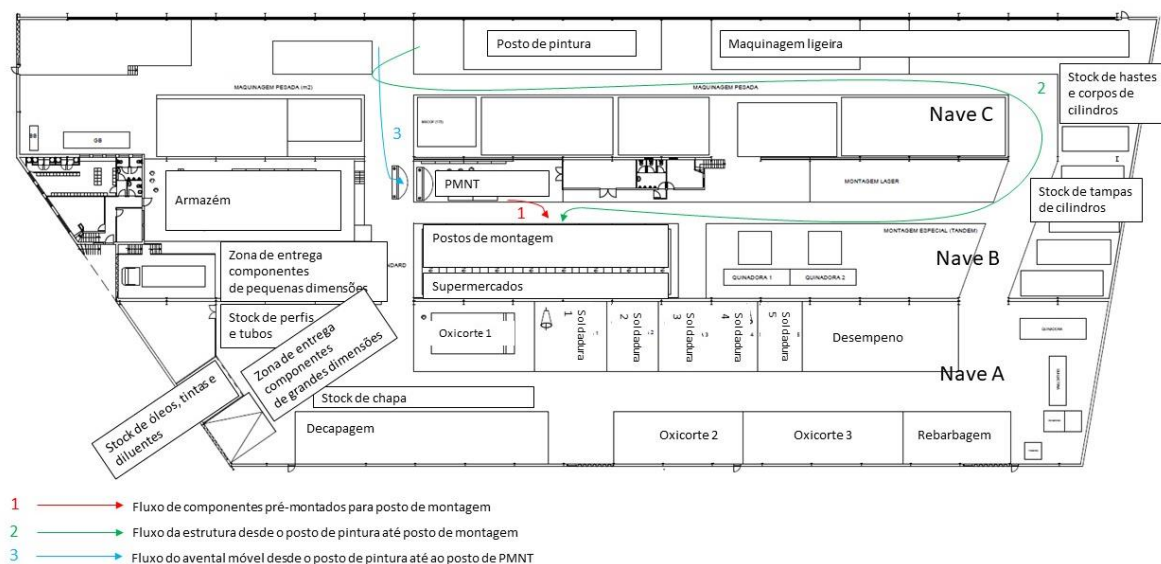


Figura 9 – Layout do chão de fábrica

3.3.1 Receção de Matéria-prima e Componentes

O fluxograma do processo de receção de matéria-prima e componentes é apresentado no Anexo J. Este processo inicia-se com a entrega, por parte do fornecedor, da encomenda. Devido à acumulação de stock à entrada do armazém, apenas encomendas de componentes de pequenas dimensões são entregues nessa zona. Por sua vez, as matérias-primas são descarregadas junto à zona de decapagem, onde ficam armazenadas até começo do processo produtivo, com exceção dos tubos, que são logo empilhados na zona de stock de tubos e perfis; os componentes de grandes dimensões são descarregados à entrada da nave A.

O passo seguinte consiste em dar entrada física dos componentes, para a qual são utilizados três documentos: a fatura, com a descrição dos artigos e respetivas quantidades, entregue pelo fornecedor; a ordem de compra (CPL), com a descrição dos artigos e respetivas quantidades encomendadas; a folha de faltas, com todos os componentes incluídos na ordem de compra que estão em falta nas máquinas que estão a ser de momento montadas.

Nesta fase, o responsável pela operação começa por verificar se as informações existentes na fatura e ordem de compra coincidem, e se os materiais entregues estão também de acordo com estes documentos. Após conferir este conjunto de condições, caso o artigo esteja incluído na folha de faltas, é colocado num carrinho que fará, no fim do processo, uma rota ao longo dos postos de montagem para distribuição destes componentes. Caso contrário, procura no ERP se o artigo tem local fixo definido dentro do armazém. Esta verificação é demorada e podia ser evitada, caso um campo com essa informação fosse incluído na ordem de compra. Outro dos desperdícios identificados relaciona-se com a rota realizada pelo responsável logístico para colocação dos artigos com local fixo definido no armazém, que não é otimizada para minimizar as deslocações.

Uma vez verificados todos os campos e dada a entrada física em armazém, é dada a entrada informática dos materiais, tendo em conta o que aconteceu de facto fisicamente. Os possíveis erros verificados são comunicados ao Departamento de Compras e Logística, que toma depois os procedimentos adequados à sua resolução. Esta entrada manual é outra das fases do processo que o tornam muito moroso.

A análise do processo deu visibilidade à existência de um fluxo com muitas paragens entre as diferentes fases. Estas paragens, causadas pela sobrecarga do departamento e pelos métodos (rudimentares) usados ao longo do processo, levam a que o espaço temporal entre a entrega das encomendas e a entrada informática dos componentes possa chegar a ser de um dia, provocando atrasos em abastecimentos que podem tornar-se críticos no tempo de montagem das máquinas e, conseqüentemente, no cumprimento de prazos com clientes.

É recorrente a necessidade de receber materiais sem previsão de consumo num horizonte temporal curto, atrasando o processamento de tarefas mais urgentes. Este problema é frequente nas blindagens, artigos de dimensões elevadas que se acumulam à entrada do armazém, ficando sujeitas às constantes movimentações de porta-paletes e empilhadores, que as podem danificar.

Por último, é de referir a atribuição da responsabilidade do processo de receção de matéria-prima à equipa de produção, o que obriga a paragens no seu processo produtivo.

Relativamente ao tempo necessário para executar o processo de receção, este é muito variável de acordo com a quantidade de componentes ou matéria-prima entregues pelo fornecedor. No entanto, estima-se que os desperdícios associados à procura de informação no ERP, à rota realizada pelo operador dentro do armazém e à entrada informática manualmente representem cerca de metade do tempo total para a execução do processo.

3.3.2 Abastecimento à Produção

Neste subcapítulo, são descritos e analisados criticamente alguns dos processos existentes internamente para abastecimento à produção.

Na primeira secção são analisados os processos associados ao abastecimento de chapa, perfis e tubos ao fabrico pesado, que ocorre na nave A. É também abordado o abastecimento ao posto de pintura.

Na segunda secção, o processo de abastecimento ao posto de montagem é descrito. Dada a variedade de materiais que esta fase integra, estes estão agrupados de acordo com a existência, ou não, de processo produtivo internamente, antes da chegada ao posto de montagem.

Foi ainda criada uma secção para analisar o abastecimento de componentes ao posto de pintura e descrição de um fluxo entre a zona de maquinagem ligeira e a PMNT.

Matéria-prima

Chapa

O abastecimento de chapa à produção é da responsabilidade da equipa de produção. As dimensões das chapas que chegam à fábrica levam a que estas tenham de ser empilhadas, pois não há espaço para que o armazenamento seja feito doutra forma. Este empilhamento representa frequentemente um problema, uma vez que as chapas que chegam à fábrica têm diferentes espessuras, não podendo ser utilizadas de forma indiferenciada. É por isso frequente a necessidade de, antes de começar o processo de decapagem, desempilhar chapas. As até 12 toneladas de massa envolvem um grande cuidado na sua manipulação através das pontes rolantes, representando assim este processo de desempilhamento um *muda* de movimentação de materiais de cerca de 0,5h por cada chapa.

Neste momento, quando esse empilhamento de chapa é evitado, as chapas são colocadas na zona de passagem da nave, comprometendo a segurança e dificultando a movimentação de pessoas, empilhadores e porta-paletes.

Perfis e Tubos

Os perfis e os tubos são outras matérias-primas utilizadas na produção na nave A. Chegam à Adira vários tipos de perfis e tubos, encontrando-se o stock dos tubos em bruto, e dos perfis já decapados e pintados, junto à zona de manutenção. Existem suportes que se prolongam entre as extremidades dos perfis e tubos, que permitem o seu empilhamento. Assim, o consumo é feito de acordo com a metodologia LIFO.

Embora estes suportes permitam um correto empilhamento antes destas matérias-primas serem cortadas nos serrotes, após o corte deixam de garanti-lo. Isto leva a que restos de perfis e tubos que ainda são utilizáveis futuramente não possam ser colocados no respetivo suporte, o que causa desarrumação na área. A colocação de um suporte intermédio de modo a resolver este problema é inviável porque os perfis e tubos estão muitas vezes empenados.

Foi também identificada nesta área a existência de restos de matérias-primas para sucata, falta de limpeza e desorganização, com unidades do mesmo artigo arrumadas em diferentes locais. Existem também próximo da área contentores e paletes que dificultam o acesso, tal como pode ser visto na Figura 10.



Figura 10 – Zona de stock de perfis e tubos

A gestão visual na área resume-se à identificação do suporte afetado a cada um dos perfis e tubos. Esta informação podia ser complementada com *kanbans* para reabastecimento.

Tintas e Diluentes

As tintas e diluentes usadas na secção de pintura estão armazenadas à entrada da nave A. A organização pode ser melhorada, no entanto esse assunto será abordado mais à frente, uma vez que esta zona é também utilizada para armazenamento do óleo usado para encher o depósito das máquinas durante o processo de SPMNT.

Os pintores são responsáveis pelo transporte das tintas e diluentes. Quando começam a pintar um novo conjunto, a quantidade de latas de tintas e diluentes necessários para o processo obriga um operador a fazer oito viagens entre a secção de pintura e a zona acima referida.

Esta operação de transporte demora cerca de 0,75h, quando a existência de um carrinho ou porta-paletes com capacidade para o transporte das tintas e diluentes permitiria reduzi-la para cerca de 0,17h. Este transporte é realizado, em média, três vezes ao dia. Identifica-se aqui um *muda* de movimentação de pessoas.

Fluxo de materiais para o posto de montagem

O abastecimento ao posto de montagem com os materiais necessários para as operações de SPMNT, Customização, Montagem Elétrica e Chaparia é um dos processos logísticos internos mais complexos (o seu fluxograma pode ser consultado no Anexo L). A variedade de materiais é muito grande e pode ter três proveniências: produção interna, armazém e supermercados.

Todos os componentes, exceto os de supermercado, estão listados na “Lista de Separação por Local”, quando existentes em stock; aqueles que estão em falta, estão listados nas “Faltas de saída”. As “Faltas de saída” são transportadas até ao posto de montagem quando entregues pelo fornecedor, de acordo com o descrito no processo de receção de matéria-prima e componentes.

Produção Interna: Componentes Provenientes da PMNT, da Pintura e da Maquinagem

O fluxo dos artigos de produção interna para o posto de montagem é da responsabilidade da equipa de produção, o que obriga os montadores e chapeiros a saírem do posto de montagem variadas vezes.

Uma das secções a que os montadores necessitam de se deslocar frequentemente é a da PMNT. A régua do esbarro, os eixos X e R, os eixos Z1 e Z2, os cilindros e os braços são pré-montados nesta secção antes de serem movimentados para o posto de montagem. Uma vez que a secção de PMNT tem o *outbound* bem identificado através da utilização de ferramentas de gestão visual, o montador reconhece facilmente os componentes que precisa de transportar. Assim, o fluxo deste grupo de componentes até ao posto de montagem (fluxo 1 da Figura 9) não é problemático.

O mesmo não acontece com os componentes provenientes das operações de pintura e maquinagem, nos quais se incluem o corpo da estrutura, o avental móvel, o pendural, as blindagens, os pedais e a mesa.

Começando pelo corpo da estrutura, este é colocado junto à saída da secção de pintura, quando terminado o processo produtivo nessa secção. A sua movimentação até ao posto de montagem (fluxo 2 da Figura 9) é uma operação que dura cerca de 1h. Foi detetado desperdício devido ao percurso efetuado. A necessidade de movimentar a estrutura até ao fundo da nave C, por só aí haver meios para a passagem para a nave B, representa uma redundância uma vez que, consoante o posto de montagem em que vai ser pousada a estrutura, esta pode ter de ser movimentada quase até ao início da nave B. Este problema, causado pelo *layout* da fábrica, poderá representar até cerca de 0,5h de desperdício na movimentação da estrutura.

O avental móvel é também colocado perto da saída da secção de pintura. O passo seguinte no processo produtivo deste componente, antes de entrar na SPMNT, ocorre junto à secção de PMNT, mas é executado pelos montadores. O fluxo do avental até à saída da nave C é realizado recorrendo à ponte rolante, utilizando depois paletes e suportes para passar para a nave B e novamente a ponte rolante para o colocar nos cavaletes junto à secção de PMNT (fluxo 3 da Figura 9). Este transporte leva cerca de 0,5h até estar concluído.

Os pendurais, blindagens e pedais são colocados numa das estantes junto à saída da secção da pintura, mostrada na Figura 11. A acumulação de componentes pintados nesta zona é crítica. Embora haja alguma falta de espaço para todos os componentes pintados que ficam à espera de recolha pelos montadores, uma organização dos conjuntos por família de componentes

permitiria o seu melhor aproveitamento. Por último, é importante também referir a existência de monos na área e o pó que se deposita nas peças, situação provocada pela falta de limpeza na secção.



Figura 11 – Zona de stock de componentes pintados

Por último, as mesas, cujo último processo produtivo antes da SPMNT é a maquinagem. Devido aos diferentes modelos de quinadoras produzidas na Adira e a questões de customização, são produzidas mesas com diferentes especificações. No entanto, após maquinadas, estas são colocadas na estante perto da entrada da secção de pintura, mostrada na Figura 12, sem qualquer identificação da máquina em que vão ser montadas. Isto leva a que, quando necessárias na fase de SPMNT, o montador, responsável pelo seu transporte até ao posto de montagem, não saiba qual a mesa que deve transportar, obrigando-o a recorrer à ajuda do chefe da equipa da montagem para sua identificação.



Figura 12 – Zona de stock de mesas

Para executar este processo, o montador precisa de encontrar o chefe de equipa, ir até à estante identificar com ele a mesa, ir buscar um carrinho no qual possa carregar a mesa, com a ajuda de outra pessoa, e só depois pode voltar ao posto de montagem, transportando a mesa. A inexistência de gestão visual na área é uma das razões para o desperdício identificado no processo, que representa cerca de metade das 0,30h despendidas no transporte da mesa.

Componentes: Armazém, Tubos Hidráulicos, Óleo e Blindagem Frontal

O abastecimento ao posto de montagem dos componentes que dão entrada em armazém é da responsabilidade da equipa de logística. Designado por aviamento, envolve a recolha sucessiva de componentes dentro do armazém. A recolha dos componentes mecânicos e dos componentes elétricos é feita em fases diferentes e por operadores logísticos distintos. Estes dois grupos de componentes são colocados em paletes diferentes, que são depois diretamente movimentadas para o posto de montagem, ou não, de acordo com o início da operação de SPMNT. É também da responsabilidade do operador logístico que faz o aviamento mecânico identificar com o número da máquina a blindagem frontal, que o chapeiro terá depois de transportar até ao posto de montagem. Estas blindagens estão armazenadas junto à zona de stock dos perfis e tubos, na nave A.

Durante a análise deste processo foram identificados vários desperdícios. A rota efetuada pelo operador logístico é feita de acordo com a ordenação da “Lista de Separação por Local”, não tendo em qualquer consideração a localização dos componentes dentro do armazém. Há por isso *muda* de movimentação de pessoas identificado no processo.

A identificação dos artigos dentro do armazém é pouco clara, devido a uma gestão visual ineficiente. A falta de paletes é outro dos problemas que ocorre frequentemente e origina *muda* de movimentação de pessoas. O tempo registado para o aviamento de componentes é variável de acordo com os opcionais escolhidos pelo cliente, mas estima-se que cerca de 25% é desperdiçado devido aos problemas referidos.

A análise do fluxo das blindagens também levou à identificação de uma oportunidade de melhoria. Embora o armazém avie todas as blindagens (exceto a frontal) diretamente para o posto de montagem, apenas as laterais, as da polia, as dos eixos Z1 e Z2, as dos cilindros, as portas e os fechos passam por um processo produtivo no posto de montagem antes de serem pintadas. Há por isso *muda* de movimentação de material e de material em espera, que fica sujeito a danos causados por movimentações de outros componentes e pessoas no posto de montagem. Este transporte representa um desperdício de cerca de 0,17h.

Outro problema identificado foi a descoordenação entre os aviamentos físico e informático. A saída dos componentes em sistema só é realizada geralmente ao fim do dia, o que significa que a informação acerca do stock de um componente pode estar desatualizada até 8h. Esta situação deve-se ao facto de, tal como acontece com a entrada dos materiais em armazém, a saída ter de ser dada manualmente, e é problemático uma vez que, durante essas 8h, podem ser lançadas novas ordens de aviação com informações erradas acerca das existências de inventário no armazém.

O abastecimento dos restantes componentes provenientes de fornecedores é da responsabilidade da equipa de produção. Os tubos hidráulicos, usados para a montagem do circuito hidráulico, estão armazenados junto à zona de stock de perfis e tubos. O armazenamento é feito em estantes, mostradas na Figura 13, que os permitem separar de acordo com o artigo.



Figura 13 – Zona de stock de tubos hidráulicos

No entanto, a gestão visual no local é praticamente inexistente, não havendo identificação da prateleira da estante afetada a cada artigo, que podia também neste caso ser complementada com *kanbans* para reabastecimento. A área apresenta, tal como referido para os tubos e perfis, a existência de restos de matérias-primas para sucata, falta de limpeza e dificuldade no acesso.

Os bidões de óleo estão armazenados à entrada da nave A. A sua movimentação requer a utilização de empilhador, de modo a transportar o bidão até uma zona onde seja possível recorrer à ponte rolante para o carregar para um carrinho. O transporte até ao posto de montagem é realizado com recurso a esse carrinho de três rodas, que não assegura o transporte nas melhores condições devido às irregularidades no chão da fábrica. Todas estas condicionantes levam a um tempo total de cerca de 0,5h neste processo de transporte.

Outro dos problemas identificados no fluxo foi a necessidade frequente de utilizar dois bidões durante o processo de abastecimento do depósito, por este ter uma capacidade de 130l e os bidões serem de 205l. Isto representa uma duplicação nas movimentações do montador, que ocorre em cerca de 60% das situações e representa um *muda* de cerca de 0,5h.

A zona de armazenamento dos bidões é também utilizada para outros óleos necessários à manutenção das máquinas, tintas e diluentes. O armazenamento dos bidões de óleo ocorre em altura, tal como pode ser visto na Figura 14, o que representa um desperdício em termos de movimentação de material de cerca de 0,25h (tempo de empilhar e desempilhar). A desarrumação na área é visível, sem definição de espaços para bidões de acordo com o seu estado de utilização e para ferramentas de apoio. Algumas das estantes existentes na zona têm

também armazenados componentes que têm de ser triados de forma a avaliar a sua utilidade. A gestão visual das estantes utilizadas para as tintas está desatualizada e é por isso inútil.



Figura 14 – Zona de stock de bidões de óleo e tintas

As blindagens frontais são armazenadas entre esta zona e o stock de perfis e tubos. O chapeiro, responsável pelo transporte da blindagem, desloca-se até este local e reconhece facilmente a blindagem que tem de transportar, uma vez que o operador logístico a identifica com o número da máquina, durante o aviamento dos componentes de armazém. Os problemas identificados durante este fluxo estão relacionados com a localização e disponibilidade de carrinhos usados para o transporte da blindagem, que originam um *muda* de 0,17h.

Supermercados

Os componentes de supermercado utilizados durante as operações de SPMNT, Customização e Chaparia estão localizados em estantes ao longo dos postos de montagem. O objetivo destes supermercados é facilitar a recolha de certos componentes, tal como parafusos e anilhas.

Embora estes supermercados estejam estrategicamente localizados de forma a reduzir as movimentações nas operações de recolha, a alocação da responsabilidade dessas tarefas ao montador obriga-o a interromper o processo produtivo várias vezes.

Estima-se que, por cada máquina:

- O montador tenha de se deslocar aos supermercados por 20 vezes, durante a fase de SPMNT;
- O chapeiro tenha de se deslocar 5 vezes aos supermercados, durante a fase de chaparia.

Considerando que o tempo mínimo registado para a fase de Customização duma máquina foi de 8h, e fazendo uma proporção entre o número de vezes que o montador se desloca durante a fase de SPMNT e a duração desta fase, considerou-se que, durante a fase de Customização, o número de deslocações mínimo será de 4 vezes.

Assim, o número total de deslocações será de 29, pelo que se chega à conclusão que, com um tempo médio de 2,5min por deslocação ao supermercado, são dedicadas cerca de 1,25h pelos operadores da produção a idas aos supermercados.

Outros Fluxos

Componentes Antes da Pintura

A acumulação de componentes por pintar causa uma grande desorganização à entrada do posto de pintura, tal como pode ser observado na Figura 15. O fluxo antes da pintura pode ser dividido em dois grupos de componentes:

- Pedais, pendurais e capacetes, que, após entregues pelo fornecedor, seguem diretamente para a entrada do posto de pintura, o que leva a grande quantidade de componentes ali acumulados;
- Blindagens, que são entregues pelos chapeiros durante o processo de montagem da máquina.



Figura 15 – Zona de stock de componentes antes da pintura

Os componentes estão expostos às movimentações de porta-paletes e empilhadores na área, o que representa um *muda* de defeitos. A gestão visual na área também é praticamente inexistente e há falta de limpeza e acumulação de restos de matéria-prima na zona.

Conjuntos de Cilindros para Pré-montagem

O fluxo dos cilindros produzidos internamente para a PMNT foi também analisado com detalhe. Após concluído o seu processo produtivo na secção da maquinaria ligeira, os corpos e hastes dos cilindros são armazenados em paletes ao fundo da nave C; as tampas são armazenadas junto à secção de maquinaria ligeira, ao fundo da nave B. Para que o armazenamento das tampas, corpos e hastes seja realizado, é necessário recorrer à utilização das pontes rolantes.

Quando é dada ordem de montagem de cilindros à secção de PMNT, o operador desloca-se com uma paleta e um porta-paletes para transportar os pares de hastes, corpos e tampas. Depois coloca-os na paleta, recorrendo às pontes rolantes, e dirige-se novamente à secção de PMNT. Este transporte tem de ser feito com muita precaução, uma vez que as paletes não garantem o correto acondicionamento dos conjuntos, para que estes não caiam para o chão, e as hastes são muito sensíveis a qualquer contacto com metal. Desde o momento de saída da

secção de PMNT até à chegada com os conjuntos de cilindros, são gastas cerca de 0,67h. O *spaghetti diagram* do processo de transporte pode ser consultado no Anexo F. É preciso ter em conta que os 26 minutos para o tempo de transporte dos conjuntos foram registados para uma ocasião em que houve dois operadores da PMNT dedicados à tarefa.

Ao longo do processo foram identificados alguns desperdícios: tempo gasto para encontrar um porta-paletes e uma paleta disponíveis, utilização desnecessária das pontes (após processo produtivo na secção de maquinagem ligeira e para colocar na paleta para transporte para PMNT), defeitos adquiridos pelas hastes no armazenamento e transporte e tempo suplementar que o cuidado a ter com as hastes representa no transporte.

Há por isso necessidade de encontrar uma solução que permita o correto armazenamento, transporte e acondicionamento dos cilindros.

3.3.3 Devolução de Materiais ao Armazém

Os aviamentos realizados pelo armazém têm por vezes erros, sendo entregues paletes no posto de montagem com componentes errados ou em quantidades superiores às necessárias. Causado por árvores de produtos mal definidas, este problema tem como consequência a acumulação de material que não vai ter qualquer utilidade para a montagem da máquina no posto de montagem.

A responsabilidade da devolução desses materiais não está definida sendo, eventualmente, entregues novamente ao armazém, após finalizada a montagem. No entanto, não há identificação dos artigos dos componentes devolvidos, o que complica a tarefa de dar entrada informática.

Uma vez que não há qualquer fluxo de informação acerca dos erros para os responsáveis pela definição das árvores de produto, estas não são corrigidas e continuam a provocar ordens de aviamento erradas.

Este problema é especialmente crítico no caso das máquinas de corte *laser* e representa um *muda* de movimentação de material, de movimentação de pessoas, de material em espera e de processamento desnecessário. O tempo total dedicado por operadores logísticos para aviamento e devolução destes materiais é de cerca de 2,5h por cada máquina de corte *laser* montada.

No entanto, a definição de um processo que origine um fluxo de material e de informação que permita a correção contínua das árvores de produto poderá minimizar o problema, reduzindo o número de componentes errados entregues e facilitando a entrada informática por parte do armazém.

3.4 Oportunidades de Melhoria

Uma vez terminada a descrição dos processos analisados e das oportunidades de melhoria, é apresentada a Tabela 1, que sintetiza essas mesmas oportunidades de melhoria.

Tabela 1 - Oportunidades de melhoria

Oportunidade de melhoria	Localização
Entrada e saída informática dos componentes	Armazém
Otimização de rotas	Armazém
Acumulação e devolução de componentes	Armazém e posto de montagem máquinas de corte <i>laser</i>
Separação operações homem-máquina	Oxicorte Maquinagem pesada (memória dos computadores)
Manutenção	Maquinagem pesada
Processo produtivo	Rebarbagem de componentes antes do oxicorte
	Soldadura simultânea dos componentes para uma estrutura
	Suporte para facilitar a pintura de depósitos e blindagens
	Abastecimento do depósito de óleo na SPMNT
Sobrecarga da produção com operações logísticas	Coordenação SPMNT/Customização com Montagem Elétrica
Inexistência de KPI	Abastecimento de componentes de supermercado
Redefinição de fluxos	Postos de montagem
	Blindagens antes da pintura
	Cilindros desde maquinagem até PMNT
	Aventais antes da montagem
Erros em aviamentos	Corpo da estrutura até posto de montagem
Organização dos postos de trabalho	SPMNT/Customização
	Soldadura
	Maquinagem
	Pintura (limpeza)
Disponibilidade de ferramentas de apoio aos processos produtivos	Postos de montagem
Disponibilidade de ferramentas de apoio aos processos logísticos	Calços, níveis, máquinas de roscar e de aperto pneumático
	Carrinhos para bidons de óleo
	Carrinhos
Organização das zonas de stock	Porta-paletes
	Óleo, tintas e diluentes
	Tubos e perfis
	Tubos hidráulicos
	Chapa
	Componentes após oxicorte e soldadura
	Conjuntos de cilindros após maquinagem ligeira
	Mesas após maquinagem
	Componentes antes da pintura
	Componentes após pintura

4 Apresentação da Solução Proposta

Neste capítulo são apresentadas as soluções que visam a redução ou eliminação dos desperdícios identificados ao longo da descrição do caso de estudo. As diferentes medidas propostas são descritas, os ganhos e os custos estimados e as fases para a implementação sugeridas. Embora seja previsível que algumas destas soluções tenham impacto na redução de desperdícios em diferentes setores da organização, foi feito um esforço para as organizar de acordo com o setor que mais delas beneficiará.

De seguida, e dada a diversidade de melhorias de curto prazo propostas, o plano para sua implementação será descrito, de forma a definir prioridades, de acordo com os ganhos e custos estimados.

O capítulo será concluído com a análise de resultados e apresentação do VSM do estado futuro, desenhado em função das melhorias que as soluções propostas irão promover.

4.1 Redução de Desperdícios no Armazém

A primeira medida sugerida no armazém é a inclusão, nas ordens de compra, de um campo com o local fixo dos artigos listados. Em média são dadas 500 entradas de material semanalmente. Com um tempo estimado de 15 segundos por procura de artigo no ERP, esta medida permite a eliminação de um *muda* de material em espera de cerca de 2h no total. Os custos envolvidos são desprezáveis, mas a implementação está dependente da empresa responsável pela gestão do ERP da Adira.

Foi definido um processo para a devolução dos materiais que se acumulam nos postos de montagem das máquinas de corte *laser* (Anexo M). Os colaboradores envolvidos no processo foram já informados, pelo que começarão diariamente a ser responsáveis pelas respetivas tarefas. Vão também ser colocadas paletes com etiquetas identificativas do processo nos postos de montagem.

Esta medida vai permitir que os erros nas árvores de produto das máquinas sejam identificados e corrigidos, levando a:

- Melhoria do planeamento das compras;
- Redução do desperdício de aviamento de componentes desnecessários (*muda* de movimentação de material, de movimentação de pessoas e de material em espera);
- Redução do tempo usado para dar entrada dos materiais em armazém, uma vez que vão ser identificados no documento “Registo de Pedidos de Alterações”, que pode ser consultado no Anexo E, ao qual o armazém vai ter acesso.

Prevê-se a eliminação de um processamento desnecessário da equipa de logística de cerca de 2,5h por máquina *laser* montada.

Há também vantagens nos postos de montagem, com a redução da acumulação dos componentes e consequente redução de tempo usado na procura de componentes.

A integração do módulo de gestão de inventário do ERP com um sistema de código de barras deve ser analisada. A implementação envolve uma duração e um custo que não se enquadra na perspectiva de identificação de oportunidades de melhoria de curto prazo deste projeto. No entanto, o potencial de benefícios nos processos de logística interna é elevado:

- O tempo dedicado a métodos manuais de introdução de dados em sistema, caracterizados por ineficiência e sujeição a falha humana, sofre uma redução. O responsável por estas tarefas na Adira trabalha a totalidade das 8h diárias a dar entrada e saída de componentes, que podiam ser quase inteiramente dedicadas a outras tarefas da logística interna, tais como o abastecimento à produção;
- Os níveis de inventário são atualizados em tempo real;
- O controlo sobre o inventário (rastreadibilidade) é maior, o que pode permitir a redução dos níveis de inventário;
- Os custos de utilização são baixos.

Propõe-se também a implementação da ferramenta de gestão visual *pick to light*, um sistema digital que emite sinais luminosos identificativos da localização dos artigos que têm de ser recolhidos. Pelas mesmas razões que as referidas para o código de barras, esta medida não se enquadra na perspectiva de oportunidades de melhoria de curto prazo. As vantagens de um sistema como este seriam:

- Redução do *muda* de movimentação de pessoas na recolha de componentes para os aviamentos;
- Resolução do problema de gestão visual ineficiente.

4.2 Redução de Desperdícios na Soldadura

Os desperdícios identificados na soldadura estão relacionados maioritariamente com o *muda* de material em espera, em particular trabalho em processamento (*work in progress*), e a indefinição associada ao fluxo de materiais, causando movimentações desnecessárias.

Estes dois problemas estão relacionados, uma vez que a acumulação de trabalho em processamento reduz a área disponível no chão de fábrica. Esta redução dificulta a definição de zonas de stock entre os diferentes processos produtivos.

É necessário por isso reduzir a quantidade de trabalho em processamento na nave A, de forma a ser possível criar zonas distintas para colocação de componentes em diferentes fases do processo produtivo, e assim criar um fluxo de materiais livre das movimentações desnecessárias identificadas desde o oxicorte até ao desempenho final.

A Lei de Little relaciona *lead time*, tempo de ciclo e trabalho em processamento através da equação (1):

$$LT = CT * WIP \quad (1)$$

Onde:

LT, é o *lead time*
 CT, é o tempo de ciclo, e
 WIP, é o trabalho em processamento

Pressupondo um tempo de ciclo constante, o trabalho em processamento pode ser reduzido com uma redução do *lead time*. Sugere-se, nesse sentido, a soldadura simultânea de cada um dos montantes, do avental móvel e do avental fixo em postos distintos, que permite a redução do *lead time* de produção de uma estrutura, desde o fim do oxicorte até fim do desempenho, de cerca de 35,75h para 23,75h.

Foi feita uma estimativa acerca da redução de área total utilizada para stock de material durante a produção de uma estrutura, desde o fim do oxicorte até ao fim do desempenho, com a implementação desta medida. Calculando o produto da área de cada componente pelo

respetivo intervalo de tempo não produtivo, chegou-se a valores de aproximadamente 93h.m²/estrutura no caso de a soldadura ser feita em simultâneo, e de 242h.m²/estrutura com a soldadura sequencial.

Esta redução de 60% representa um importante aumento do espaço disponível, que permitirá uma melhor organização das zonas de stock, de acordo com a fase do processo produtivo em que o componente se encontra, e consequente redução dos tempos associados aos processos de transporte de componentes das zonas de stock até aos postos de soldadura.

A observação das movimentações dos operadores da produção na nave A permitiu estimar que esses processos representam cerca de 20% do seu tempo de trabalho. Desses 20%, 25% são usados para colocação do cabo que suporta o componente na ponte rolante, 50% para a movimentação do componente e 25% para pousar o componente e retirar o cabo.

Considerando que a redução de espaço utilizado de 60% permite a redução do tempo de movimentação de componentes entre postos e zonas de stock também em 60%, esta medida permite a redução dos tempos de ciclo das várias operações de fabrico na nave A em 6%. É importante neste contexto referir que, quando o VSM foi elaborado, estas operações de transporte foram incluídas nos tempos de ciclo estimados, uma vez que são da responsabilidade do operador da produção.

O empilhamento de chapa é, por enquanto, impossível de evitar. Seria necessária uma área de cerca de 500m² para permitir que chapas de diferentes espessuras não tivessem de ser empilhadas, inexistentes de momento no chão de fábrica. Existem, no entanto, soluções que permitem o armazenamento de chapa em altura, recorrendo a estruturas com várias divisórias capazes de suportar cargas da ordem das 12 toneladas. Um método de armazenamento desse género permitiria reduzir cerca de 0,5h por movimentação de chapa empilhada.

4.3 Redução de Desperdícios na Maquinagem

A redução dos desperdícios identificados na maquinagem envolve um grande investimento na reparação das máquinas, pelo que a sua análise não foi aprofundada. O mesmo sucedeu relativamente ao aumento da capacidade de memória para armazenamento de linhas de comando.

No entanto, sugerem-se as seguintes medidas, que não resolverão os problemas de manutenção dado o estado de desgaste avançado das máquinas, mas que os poderão atenuar:

- Reimplementação do “Registo das Tarefas de Automanutenção” (Anexo O). Este registo responsabiliza os operadores da produção por algumas das tarefas de manutenção básicas tal como limpar e lavar, lubrificar, verificar a inexistência de folgas, fugas ou ruídos estranhos e inspecionar;
- Organização do histórico de reparação das máquinas para futura utilização e reimplementação do “Pedido e Registo de Reparação de Equipamento” (Anexo P). As duas medidas estão relacionadas, uma vez que o histórico é feito com base nos registos criados para cada reparação. Este histórico permite agilizar as reparações de equipamento caso a avaria tenha acontecido anteriormente.

Estas medidas poderão reduzir o *muda* de material e pessoas em espera. É, no entanto, complicado quantificar essa redução.

4.4 Redução de Desperdícios na Secção de Pintura

Na secção de pintura os desperdícios identificados e relacionados com o método utilizado para o abastecimento de tintas e diluentes podem ser reduzidos com um porta-paletes à disposição dos operadores da pintura, com uma zona definida para a sua colocação, à entrada da secção. Desta forma, o transporte das várias latas de tinta e diluente pode ser realizado com

uma só movimentação até à zona de stock. Esta proposta integra-se na definição de parques para os porta-paletes descrita mais detalhadamente no subcapítulo 4.5.

É estimada a eliminação do *muda* de movimentação de pessoas em cerca de 1,75h por dia. Dado que há 3 pintores a trabalhar 8h por dia na secção, e que o tempo para pintar uma estrutura é de cerca de 4,5h, a eliminação de *muda* de movimentação de pessoas por máquina pintada será de cerca de 0,33h. A pintura do avental, por sua vez, beneficiará duma redução em cerca de 0,15h por unidade.

O custo estimado está incluído nos custos associados à medida de definição de parques anteriormente referida.

É também proposto o desenvolvimento e fabrico, em cooperação com o departamento de engenharia, de um suporte que se adapte aos carros usados para as estruturas e aventais e que permita pintar as várias faces de componentes como as blindagens e os depósitos sem obrigar a alterar a sua posição.

A estimativa de custo associado a esta oportunidade de melhoria é de 1.000€. Com a sua implementação, é possível:

- Eliminar *muda* de movimentação de material, que num conjunto de blindagens representa cerca de 0,5h e num depósito cerca de 0,17h;
- Eliminar *muda* de defeitos e processamento desnecessário;
- Eliminar esforços pouco ergonómicos para os operadores da produção.

4.5 Redução de Desperdícios nos Postos de Montagem

O abastecimento do depósito das máquinas com óleo deverá passar a ser auxiliado por uma bomba de aspiração autónoma e doseada, de modo a permitir que o montador execute outras operações durante o período de abastecimento. É necessário adquirir a ferramenta, que tem um custo de 900€. Com esta medida, vai ser possível:

- Eliminar o *muda* de pessoas em espera durante o abastecimento do depósito, que representa cerca de 0,5h por máquina;
- Eliminar o risco de o óleo transbordar, por desatenção do operador. Esta situação já ocorreu e obriga a um trabalho de limpeza de cerca de 4h.

O transporte dos bidões de óleo para o posto de montagem será feito recorrendo ao carrinho que existe atualmente apenas nas situações em que a utilização de um bidão seja suficiente. Para as outras situações, deve ser desenvolvido e fabricado um carrinho que permita o transporte de dois bidões em simultâneo.

Os ganhos estimados são:

- Redução do *muda* de movimentação de pessoas de cerca de 0,5h em 60% das máquinas (0,3h por máquina).

A cooperação com o departamento de engenharia vai ser novamente importante no sentido de reduzir os custos associados a esta medida, que serão de cerca de 1.000€.

As dificuldades encontradas na identificação das mesas serão resolvidas com recurso a gestão visual. Uma vez que a estante utilizada para armazenamento desses componentes após maquinagem não tem prateleiras suficientes para organizar de acordo com os diferentes artigos de mesas produzidos, a solução passa por identificar cada mesa com o número do artigo. O operador da maquinagem, que coloca a mesa na prateleira, fica responsável por essa tarefa. O montador tem acesso ao número do artigo através da “Lista de Separação por Local”, que deve consultar antes de se dirigir à zona em que são armazenadas as mesas.

Esta medida permite uma redução do *muda* de movimentação de pessoas em 0,17h.

Os porta-paletes vão passar a ter “parques” em diferentes locais do chão de fábrica. Foi já realizado um levantamento para contagem do número de porta-paletes existente e avaliado o seu correto funcionamento, para perceber quais necessitam de ser reparados.

Existem neste momento 11 porta-paletes, dos quais 8 são manuais, 2 são elevatórios e 1 é elétrico. Os porta-paletes elevatórios e o elétrico estão em bom estado, no entanto 5 porta-paletes manuais precisam de ser reparados, uma vez que o mecanismo para elevar a paleta não funciona, dificultando ou impossibilitando o transporte.

Tendo em conta as necessidades de utilização dos porta-paletes, recolhida consultando os responsáveis da fábrica, foi definida a seguinte distribuição por setor:

- Postos de montagem/PMNT: 4 porta-paletes manuais, 2 porta-paletes elevatórios;
- Fabrico pesado: 1 porta-paletes manual;
- Maquinagem ligeira: 1 porta-paletes manual;
- Pintura: 1 porta-paletes manual;
- Armazém: 1 porta-paletes manual e 1 porta-paletes elétrico.

A localização dos parques foi definida e pode ser consultada no Anexo Q.

As fases que se seguem na implementação da medida são:

- Reparação dos 5 porta-paletes manuais com funcionamento deficiente;
- Arrumação e limpeza das zonas em que foram definidos os parques. A zona do parque 4 tem pedras empilhadas usadas nas operações de maquinagem, que têm de ser removidas e colocadas numa estante apropriada (existe uma estante semelhante na maquinagem pesada); a zona dos parques 9, 10 e 11 tem de ser limpa, uma vez que tem lixo resultante do desembalamento de componentes para a montagem das máquinas de corte *laser*;
- Aplicação de ferramentas de gestão visual: marcação do chão para identificação dos vários parques e respetiva numeração, identificação dos porta-paletes com o setor e número do parque a que pertencem;
- Sensibilização dos operadores para a importância de colocar os porta-paletes nos parques definidos e início da utilização dos parques;
- Medição do *muda* de pessoas em espera devido a indisponibilidade de porta-paletes, para avaliação da necessidade de outra distribuição ou compra de mais unidades.

Esta medida está incluída neste subcapítulo, uma vez que os operadores da montagem recorrem mais à utilização dos porta-paletes e beneficiarão mais com a definição destes parques. A principal vantagem destes parques é a eliminação do *muda* de movimentação de pessoas na procura de porta-paletes, que representa cerca de 1h no tempo de ciclo de SPMNT de uma máquina.

Os custos associados a esta medida serão os da reparação dos porta-paletes, estimados em 500€, e da aquisição da estante para colocação das pedras junto ao parque 4, estimados em 200€.

As ferramentas de apoio utilizadas pelos operadores na secção de montagem, nomeadamente níveis, máquina de roscar e respetivas chaves, máquina de aperto pneumático, calços, óleos e diluentes, vão passar a ser colocadas num painel de ferramentas localizado na zona central dos postos de montagem, identificada também no Anexo Q.

A implementação desta medida passa pelas seguintes fases:

- Recolha de todas as ferramentas, para análise do seu estado atual e dimensionamento do painel;
- Escolha do painel apropriado;
- Arrumação e limpeza da zona onde vai ser colocado o painel;

- Aplicação de ferramentas de gestão visual: identificação do painel, colocação de marcas com o formato das diferentes ferramentas;
- Sensibilização dos operadores para a importância de colocarem as ferramentas no painel, após a sua utilização, e início da utilização do painel;
- Medição do *muda* de pessoas em espera devido a indisponibilidade de ferramentas, para avaliação da necessidade de haver outro painel semelhante.

Esta medida vai permitir:

- Eliminação do *muda* de movimentação de pessoas na procura de ferramentas, que representa cerca de 0,5h por máquina montada;
- Criação de fluxo de informação: caso a ferramenta não esteja no painel, significa que está a ser usada.

O custo para implementação é o de compra do painel de ferramentas, que se estima ser de cerca de 40€.

As blindagens que não passam por processo produtivo no posto de montagem vão ter o seu fluxo redefinido. Esta redefinição consiste no abastecimento direto à pintura, eliminando a passagem pelo posto de montagem, e beneficia da proposta descrita em 4.6.3, que garante a existência de uma estante onde as blindagens possam ser colocadas. As blindagens deverão ser identificadas pelo operador logístico responsável pela movimentação de material, com o número da máquina para a qual foram aviadas.

As vantagens associadas a esta medida são:

- Eliminação do *muda* de movimentação de material e de pessoas desde o posto de montagem até à zona da pintura em 0,17h.

Vai ser criado um fluxo de informação de forma que os erros recorrentes identificados nos aviamentos das máquinas e que obrigam os montadores a deslocar-se ao armazém sejam devidamente comunicados ao Departamento de Logística e Compras, que deverá depois tomar as medidas adequadas no sentido de os corrigir.

Deverá para isso ser colocado um quadro no armazém, no qual as seguintes informações possam ser registadas:

- Número e modelo da máquina;
- Descrição do erro com indicação do(s) artigo(s) envolvido(s);
- Data de identificação do erro;
- Fase de processamento do erro (identificado ou em resolução pelo Departamento de Logística e Compras).

Este quadro será importante no sentido de dar visibilidade aos erros e de garantir que o seu processamento é levado até ao fim, permitindo, no curto prazo:

- Redução do *muda* de movimentação de pessoas de 0,25h por máquina.

Propõe-se ainda que os artigos de supermercado sejam recolhidos pelo operador da montagem numa única deslocação aos supermercados no início da montagem da máquina, colocando os conjuntos em pequenos sacos de modo a posteriormente facilitar a seleção dos diferentes artigos em cada uma das operações de montagem.

Sabe-se que, do tempo de 1,25h utilizado pelo montador e chapeiro na recolha de componentes, cerca de 40% é utilizado em movimentações entre o posto de montagem e os supermercados, pelo que esta componente seria eliminada quase na totalidade, resultando numa redução do *muda* de movimentação de pessoas de cerca de 0,5h por máquina.

4.6 Organização de Zonas de Stock

As propostas de melhoria enquadradas na reorganização das zonas de stock vão ser descritas neste subcapítulo. O facto de as metodologias propostas terem potencial para melhoria de zonas onde os processos produtivos não ocorrem, mas das quais eles dependem, levou a esta separação.

Verificou-se que, antes de implementar as alterações sugeridas para cada uma das zonas, há necessidade, para todas elas, de criar as condições para que essa organização seja rodeada de um ambiente limpo e com bom aproveitamento de espaço.

Assim, as iniciativas 5S serão desencadeadas por um processo que pode ser aplicado transversalmente a todas essas zonas. Por outras palavras, a aplicação do primeiro dos 5S, *seiri*, pode ser descrito por um processo comum.

Previamente às sugestões apresentadas nos próximos subcapítulos é, portanto, indispensável:

- Triar as zonas: identificar inequivocamente todos os componentes acumulados, avaliando a sua utilidade;
- Desimpedir as áreas circundantes de paletes, contentores e outros materiais que dificultam o acesso;
- Definir se os componentes são úteis na área, se devem ser encaminhados para outras zonas ou se são sucata;
- Proceder ao encaminhamento dos componentes para as zonas definidas;
- Limpar.

Estima-se que a área disponível nas zonas de stock aumente cerca de 20% após proceder a estas atividades. Mais espaço traduz-se em melhor organização e, consequentemente, menos tempo perdido nas operações de recolha de componentes e matéria-prima.

4.6.1 Óleo, Tintas e Diluentes

Os óleos, tintas e diluentes terão de continuar a ser armazenados na mesma área. Embora seja utilizada para armazenamento de componentes usados em processos produtivos que ocorrem longe do local, é a única que cumpre as normas de segurança para o armazenamento de produtos inflamáveis.

Os componentes a armazenar nesta zona são os seguintes: esmaltes, diluentes e endurecedor, a armazenar em estantes; bidões de óleo azuis, nos suportes próprios para sua disposição horizontal; tinta primário e bidões de óleo laranjas ao alto, no chão; fluido para trabalho em metal, no suporte onde já se encontra.

É importante que a implementação compreenda:

- Aplicação de ferramentas de gestão visual: identificação da área, marcação do chão com zona para colocar os diferentes recipientes (bidões de óleo, latas de primário, recipiente do fluido para trabalho em metal), complementados com *kanbans* de transporte e identificação das prateleiras da estante com a designação dos esmaltes, diluentes e endurecedores lá armazenados, também complementados com *kanbans* de transporte;
- Responsabilização dos operadores logísticos por colocar os componentes recebidos nos locais definidos;
- Responsabilização dos operadores da produção por colocar bidões vazios na área destinada, à entrada da nave A; responsabilização dos operadores logísticos para diariamente se dirigirem à área para verificar necessidades de reabastecimento e a correta arrumação da área.

As principais vantagens após implementação desta medida são:

- Não haver necessidade de empilhar bidões de óleo (eliminação do desperdício no empilhamento e no desempilhamento);
- Maior segurança na área (o empilhamento de bidões não garantia estabilidade);
- Maior facilidade na identificação dos componentes;
- Maior facilidade no acesso aos componentes;
- Criação de fluxo de informação para necessidade de reabastecimento.

Os custos associados são desprezáveis.

4.6.2 Tubos Hidráulicos, Perfis e Tubos

A zona de armazenamento dos perfis e tubos, usados nas estruturas das máquinas, e dos tubos hidráulicos, usados durante a SPMNT, também vai ser alvo de alterações.

A estante em que estão armazenados os tubos hidráulicos continuará a ser utilizada, sendo necessário retirar todos os tubos hidráulicos, separar por artigo e colocar de novo nas prateleiras da estante, de acordo com a separação realizada.

Os perfis e tubos, por sua vez, continuarão a ser armazenados nos suportes; no entanto, uma estante de apoio que já existia na zona, inutilizável por ter nas prateleiras restos de matéria-prima deteriorados, servirá de apoio a estes suportes, de forma a colocar os tubos e perfis já cortados.

Assim, foi definido o seguinte planeamento de tarefas:

- Aplicação de gestão visual:
1. Identificação da zona e marcação do chão para limitação da área destinada ao armazenamento dos tubos hidráulicos e dos perfis e tubos;
 2. Identificação de cada uma das prateleiras da estante com a designação/características do tubo hidráulico que vai ser lá armazenado;
 3. Identificação dos suportes e respetivas prateleiras de apoio com a designação/características dos perfis e tubos lá empilhados;
 4. Colocação de marcas nos suportes e prateleiras, que serão visíveis apenas quando o stock chegar ao *reorder level*, de forma a funcionarem como *kanbans* de transporte.

Esta medida irá permitir:

- Maior facilidade e rapidez no acesso à área, em especial aos perfis e tubos;
- Criação de fluxo de informação para necessidade de reabastecimento;
- Maior facilidade na identificação dos componentes.

4.6.3 Componentes antes da Pintura

O stock de componentes antes da pintura vai passar a ser organizado em duas zonas diferenciadas. A razão desta decisão está relacionada com o facto de certos componentes se acumularem numa zona de passagem à entrada da secção de pintura, por seguirem diretamente para aí, após entregas pelo fornecedor. Assim, de forma a não dificultarem a movimentação de estruturas e aventais, vão ser colocados numa estante entre o posto de preparação e o posto de pintura, cuja localização pode ser consultada no Anexo Q (zona de stock 1).

Por sua vez, a zona de entrada para o posto de pintura (zona de stock 2, identificada no Anexo Q) será usada unicamente para stock de blindagens, que serão colocadas em estantes.

Esta reorganização vai passar pelas seguintes fases:

- Aplicação de gestão visual: identificação das áreas, marcação do chão para delimitação da fronteira entre a zona de stock e a zona de passagem, identificação das prateleiras com a designação dos componentes que vão ser lá armazenados.

O objetivo desta medida é:

- Facilitar a entrega de componentes ao posto de pintura, uma vez que vai haver mais espaço disponível;
- Reduzir a exposição dos componentes a danos causados por movimentação de estruturas e outros componentes de grande porte nas proximidades;
- Gerir visualmente os componentes que vão dar entrada para o posto de pintura (a falta de espaço verificada aquando da análise da situação levava a que alguns componentes fossem colocados longe da zona da pintura).

Não há custos associados, uma vez que se verificou que as estantes que serão libertadas com a aplicação de 5S nas zonas de stock de óleos, tintas e diluentes, e na zona dos conjuntos de cilindros, têm dimensões que se adaptam ao espaço disponível e aos componentes que nelas vão ser colocados.

4.6.4 Componentes após Pintura

A zona de stock dos componentes após a pintura será melhorada maioritariamente com recurso à aplicação de ferramentas de gestão visual, nomeadamente a identificação das prateleiras com a respetiva família de componentes.

Estima-se que esta medida terá os seguintes benefícios:

- Melhor aproveitamento de espaço;
- Agilização das tarefas de colocação e de recolha dos componentes das prateleiras.

É também proposta a limpeza semanal das estantes utilizadas para armazenamento desses componentes, de forma a assegurar que a sujidade não se deposita nas peças durante a secagem da tinta.

4.6.5 Conjuntos de Cilindros após Maquinagem Ligeira

Os conjuntos de cilindros passarão a ser armazenados aos pares, com recurso a caixas-palete. Estas terão tampas que assegurem o correto acondicionamento dos corpos, hastes e tampas. Este acondicionamento vai ser garantido através de tampas com seis rasgos onde os componentes vão encaixar: dois rasgos para os corpos, dois para as hastas e dois para as tampas.

Os corpos e as hastes depois de maquinados serão colocados diretamente numa dessas paletes, que ficará armazenada ao fundo da nave C. As tampas, que terminam o seu processo produtivo ao fundo da nave B, serão transportadas em lotes para a zona de armazenamento dos conjuntos, onde serão colocadas nas caixas-palete. Estas ficarão assim preparadas para o transporte dos cilindros pelos operadores da PMNT.

A implementação passa pelas seguintes fases:

- Esboço da tampa, de acordo com as dimensões das hastes, dos corpos e das tampas, para enviar a fornecedores, e escolha de caixa-palete que se adeque às necessidades. Levantamento dos requisitos relacionados com massa a suportar. Seleção da melhor solução;
- Aplicação de gestão visual: identificação da área, marcação do chão para definição da zona de colocação das paletes;

- Definição, na PMNT, de local para colocação de uma destas caixas-palete, que será transportada novamente para o local de armazenamento dos cilindros quando um novo conjunto tiver de ser transportado;
- Informação dos operadores da maquinaria ligeira e PMNT acerca das alterações no processo de armazenamento e transporte dos cilindros;
- Medição de ganhos verificados e confrontação com os ganhos estimados.

O esboço da tampa foi desenhado e pode ser consultado no Anexo R. Após realizados alguns contactos com fornecedores, estima-se que o custo de uma caixa-palete com esta tampa será de, aproximadamente, 60€. A triagem também já foi realizada pelas equipas de *service* e logística, tendo-se verificado que grande parte dos componentes acumulados na zona não tinham aproveitamento.

Esta medida terá as seguintes vantagens:

- Redução do tempo total de utilização das pontes rolantes em cerca de 0,17h por conjunto, uma vez que a operação de colocação dos pares de tampas, hastes e cilindros pelos operadores da PMNT não será mais necessária;
- Agilização do transporte de conjuntos desde a maquinaria ligeira até à PMNT, permitida pela garantia de melhor acondicionamento dos cilindros;
- Redução do tempo de transporte para a PMNT de 0,67h para cerca de 0,08h;
- Aumento de espaço disponível na área. A triagem já realizada permite retirar duas estantes com material obsoleto que ocupavam 3,5m². Estas estantes serão úteis para implementação de outras oportunidades de melhoria em zonas de stock, descritas neste subcapítulo;
- Melhor organização do espaço, que facilitará o acesso aos conjuntos. Esta organização será, no entanto, feita à custa de um pequeno aumento de área necessária por conjunto armazenado (cerca de 0,56 m² atuais para 0,6 m²).

4.7 Plano de Implementação

A definição do plano de implementação tem como objetivo estabelecer a sequência temporal que deve ser seguida para colocar em prática as diversas medidas anteriormente propostas. O plano é descrito neste subcapítulo e pode ser consultado no Diagrama de Gantt do Anexo S. A duração até conclusão das tarefas envolvidas em cada medida está dependente de fatores como o número de pessoas incluídas nas equipas afetadas à implementação da solução proposta e de agentes externos à organização, pelo que não foi definida.

Os colaboradores envolvidos no processo de devolução de materiais das máquinas de corte *laser* ao armazém começaram já a realizar as tarefas referidas no fluxograma do Anexo M, no entanto a recente implementação não permitiu a análise de ganhos, nem encontrar problemas que possam vir a existir no processo.

A utilização do “Registo das Tarefas de Automanutenção” e do “Pedido e Registo de Reparação de Equipamento” pelos operadores da maquinaria pesada foi também implementada e estendida à secção de maquinaria ligeira.

Sugere-se que as seguintes medidas sejam implementadas de forma imediata, uma vez que a baixa complexidade, número de pessoas envolvidas e respetivas responsabilidades deverá ser um fator facilitador:

- Entrega de blindagens (que não passam por processo produtivo no posto de montagem) diretamente à pintura;
- Quadro no armazém para identificação e correção de erros nos aviamentos;
- Identificação do número de artigo das mesas;

- Recolha dos artigos de supermercado numa única deslocação no início da montagem da máquina.

A medida sugerida para o armazém, relativamente à informação do local fixo dos componentes na ordem de compra, pode ser implementada assim que a empresa gestora do ERP seja informada acerca dessa necessidade e proceda à alteração nas ordens de compra.

As alterações propostas para a soldadura estão, por sua vez, dependentes das decisões do planeamento. Já o histórico de reparação das máquinas tem de ser reorganizado de forma a poder ser facilmente consultado e usado nas futuras reparações das máquinas.

A distribuição dos “parques” para os porta-paletes já foi definida, ficando a faltar aplicar as ferramentas de gestão visual associadas à medida, a aquisição da estante para colocação das pedras e a reparação ou aquisição de porta-paletes, que devem ser o primeiro investimento, uma vez que os 700€ estimados representam cerca de 1h por máquina montada e 0,17h por máquina pintada.

Sugere-se que as medidas enquadradas nas iniciativas 5S em zonas de stock sejam agora prioritárias, não só porque o investimento associado é baixo, mas também porque a projeção e a visibilidade que vão ter na organização podem ser um fator decisivo para motivar as equipas. Assim, a organização das zonas de stock, descrita no subcapítulo 4.6, deve ser implementada rapidamente. É importante referir que a não aquisição das paletes para armazenamento e transporte dos cilindros nesta fase não é um impedimento para a reorganização da área descrita em 4.6.5, pois o atual método usado, recorrendo a paletes universais, embora não seja o mais apropriado, beneficia também da reorganização da área.

O investimento associado às restantes medidas deve ser feito na seguinte sequência, ordenada de acordo com a relação entre os ganhos e os custos estimados:

- 40€ para o painel de ferramentas;
- 900€ para a bomba de aspiração autónoma;
- 1000€ para o suporte adaptável ao carrinho da pintura;
- 1000€ para o carrinho para transporte de dois bidões.

4.8 Análise de Resultados

Os resultados vão ser analisados tendo em conta a estimativa de ganhos das diferentes medidas.

Os ganhos motivados por medidas que promovem alterações em tarefas da responsabilidade da equipa de logística são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Medidas propostas para tarefas da equipa de logística

Processo	Medida	Impacto
Receção de matéria-prima e componentes	Campo com informação do local fixo dos componentes na ordem de compra	Redução de 2h/semana
Aviamento e devolução de componentes máquinas de corte laser	Implementação do processo de devolução de materiais ao armazém	Redução de 2,5h/máquina

A redução do tempo associado a estes processos é de grande importância para uma equipa que está sobrecarregada de trabalho, como o comprova a necessidade que há de a equipa de produção executar várias tarefas de natureza logística.

A análise aos ganhos estimados para a equipa de produção tem em conta a redução dos tempos de ciclo das operações produtivas incluídas no fluxo de produção desenhado no VSM, mas não só. Foram também propostas melhorias para processos que não estão integrados

nesse fluxo, mas que também terão impacto na organização, pelo que a análise do VSM do estado futuro não é suficiente por si só. Essas melhorias e respetivos ganhos podem ser consultados Tabela 3.

Tabela 3 - Medidas propostas para processos não incluídos no VSM

Processo	Medida	Impacto
Transporte de conjuntos de cilindros desde maquinagem até PMNT	Caixa-paleta para armazenamento e transporte de conjuntos de cilindros	Redução de 0,6h/conjunto transportado
Pintura de conjuntos de blindagens	Suporte adaptável ao carro usado na pintura de estruturas e aventais	Redução de 0,5h no tempo de ciclo
Pintura de depósito		Redução de 0,17h no tempo de ciclo

Na Tabela 4 são enumeradas todas as medidas propostas cujo impacto estimado vai introduzir alterações no VSM, dando origem ao VSM do estado futuro, que pode ser consultado no Anexo T.

Tabela 4 - Medidas propostas e respetivo impacto no VSM do estado futuro

Processo	Medida	Impacto	Atual	Futuro
Fabrico de estrutura	Soldadura simultânea, em postos distintos, dos dois montantes, avental fixo e avental móvel	Redução de 6% no tempo de ciclo (2,15h)	35,75h	33,6h
		Redução de 13,43h no lead time	35,75h	22,32h
Pintura da estrutura	Utilização de porta-paletes para transporte de tintas e diluente	Redução de 0,33h no tempo de ciclo	4,5h	4,17h
Pintura do avental móvel		Redução de 0,15h no tempo de ciclo	2h	1,85h
SPMNT	Utilização de bomba de aspiração autónoma para o abastecimento do depósito	Redução de 0,5h no tempo de ciclo	36h	32,78h
	Desenvolvimento e fabrico de carrinho para transporte simultâneo de dois bidões	Redução 0,3h no tempo de ciclo		
	Identificação das mesas com o número de artigo	Redução de 0,17h no tempo de ciclo		
	Definição de parques para porta-paletes (*)	Redução de 1h no tempo de ciclo		
	Colocação das ferramentas de apoio à montagem num painel (*)	Redução de 0,5h no tempo de ciclo		
	Recolha dos artigos de supermercado numa única deslocação no início da montagem (*)	Redução de 0,5h no tempo de ciclo		
	Quadro para registo dos erros identificados em aviamentos (*)	Redução de 0,25h no tempo de ciclo		
Customização	Definição de parques para porta-paletes	Redução de 6,25% no tempo de ciclo	-	-
	Colocação das ferramentas de apoio à montagem num painel			
	Recolha dos artigos de supermercado numa única deslocação no início da montagem			
	Quadro para registo dos erros identificados em aviamentos			
Chaparia	Definição de parques para porta-paletes	Redução de 6,25% no tempo de ciclo	24h (SP) 32h (SD)	22,33h (SP) 29,83h (SD)
	Colocação das ferramentas de apoio à montagem num painel			
	Recolha dos artigos de supermercado numa única deslocação no início da montagem			
	Quadro para registo dos erros identificados em aviamentos			
	Entrega direta de blindagens ao posto de pintura	Redução de 0,17h no tempo de ciclo		

Admitiu-se que as medidas assinaladas com (*) terão um impacto relativo semelhante àquele que tiveram para o tempo de ciclo de SPMNT, nos tempos de ciclo de Customização e de

Chaparia, dada a semelhança que há entre as fases de produção no que diz respeito a abastecimento de componentes e necessidade de ferramentas de apoio.

É importante ter em conta a redução do *lead time* de fabrico de uma estrutura em 13,43h, que pode vir a ser determinante no cumprimento de prazos e consequente melhoria do *on time delivery*.

Uma perspetiva abrangente na análise de resultados, com as operações de customização e montagem elétrica excluídas devido à variabilidade associada a estas, sugere que a soma total das reduções nos tempos de ciclo é de:

- 7,52h de mão-de-obra eliminadas para as operações de produção de uma SP, o que representa 4,8% do tempo de ciclo no estado atual;
- 8,02h de mão-de-obra eliminadas para as operações de produção de uma SD, o que representa 4,8% do tempo de ciclo no estado atual.

Admitindo que, após implementação de todas as medidas, a estrutura de vendas se mantém semelhante à verificada durante o ano passado, será possível, com o mesmo tempo de mão-de-obra para cada um dos modelos, produzir mais 2,3 unidades SP e 1,3 SD por ano, traduzindo-se num aumento da faturação anual de cerca de 175.000€.

O facto de o caso de estudo ter sido focado na produção dos modelos SP e SD dificulta a estimativa do impacto das propostas no fluxo das outras máquinas. No entanto, há certas medidas que são transversais às diferentes famílias de máquinas incluídas no portefólio da Adira, em especial às UB, quinadoras que pertencem a uma gama mais baixa, mas que ainda assim partilham vários componentes com as SP e SD.

5 Conclusão

Neste último capítulo, são apresentadas as principais conclusões retiradas do caso de estudo e da solução proposta, tendo em conta os objetivos inicialmente propostos.

É também realizada uma reflexão sobre trabalhos futuros não incluídos na apresentação da solução proposta, mas considerados pertinentes e que por isso devem ser analisados detalhadamente, numa perspetiva de continuação do processo de melhoria após implementação das medidas referidas.

5.1 Considerações Finais

No âmbito do presente projeto foi proposto um conjunto de medidas que promovem a revisão de processos de produção e logística interna, de modo a eliminar ou reduzir desperdícios identificados durante a análise dos respetivos fluxos. Tal como definido inicialmente nos objetivos, perspetiva-se que após implementação haja um aumento de produtividade na cadeia de valor, comprovado na análise de resultados anteriormente realizada.

Uma vez finalizado o projeto, são apresentadas de seguida as considerações acerca da metodologia e várias fases pelas quais este passou.

A análise da estrutura de vendas da Adira foi o ponto de partida, de modo a definir os produtos mais significantes para a organização. Os processos associados à produção e logística interna desses produtos foram de seguida acompanhados e analisados e, paralelamente, foi selecionado um conjunto de fontes que se debruçavam sobre o modelo de produção *Lean*, e que serviu posteriormente para o capítulo do enquadramento teórico. A consulta desses artigos e publicações foi importante, de forma a adotar o pensamento *Lean*, que se revelou essencial para uma maior sensibilidade na identificação dos desperdícios e para sistematização da informação recolhida através da observação dos processos no chão de fábrica.

A informação foi apresentada no VSM e nos fluxogramas dos processos de logística interna, ferramentas que se revelaram fundamentais para organização dos dados e consequente exposição pormenorizada na descrição do caso de estudo. Embora tenha sido feito um esforço de modo a descrever isoladamente os processos de produção e de logística interna, a sua permanente interação e dependência, aliados ao facto de a equipa de produção ser responsável por várias tarefas de componente logística, nem sempre possibilitaram que tal acontecesse.

Foi ainda possível adquirir uma perceção acerca da complexidade associada aos fluxos de material, devido a fatores como a inércia das estruturas metálicas e a variedade de componentes e suas origens para a montagem das máquinas.

As oportunidades de melhoria foram identificadas, com um foco na redução do desperdício do material em espera e na movimentação de pessoas e material, que são representativos de grande perda de produtividade no chão de fábrica.

Concluída a análise, foram propostas soluções com o objetivo de facilitar o fluxo durante as operações de soldadura, através da redução do trabalho em processamento, de criar fluxos de

informação, através da aplicação de ferramentas de gestão visual, e de criar condições, em diferentes secções, para uma agilização das operações de adição de valor e de movimentação de componentes.

Por fim, as medidas foram sistematizadas recorrendo à definição de um plano de implementação. Embora algumas das medidas envolvam um investimento que poderá ter de ser analisado pela gestão da Adira, as referidas expectativas de redução dos tempos de ciclo fazem prever que o seu retorno seja rápido. É ainda importante referir que alguns dos benefícios previstos são intangíveis e não foram por isso quantificados, caso da ergonomia promovida por algumas medidas ou da melhor imagem do chão de fábrica passada a clientes.

5.2 Perspetivas de Trabalho Futuro

O potencial para melhoria dos processos de produção e logística interna que ocorrem na organização é elevado. São de seguida identificadas as oportunidades de melhoria a ter em conta em trabalhos futuros.

Um dos desperdícios cuja eliminação é considerada mais urgente é o *mura*. A variabilidade identificada nos processos produtivos exige que estes sejam standardizados, especialmente nas operações de montagem. Este problema afeta a produtividade e dificulta também as tarefas do planeamento, para as quais é fundamental a definição de tempos de ciclo, que neste momento estão desfasados da realidade. É por isso importante a aplicação do *standard work*, que funcionará também como uma ferramenta na qual deve ser aplicada melhoria contínua.

O controlo da qualidade não está a ser feito ao longo do processo, levando à deteção de erros apenas em fases mais avançadas da produção e originando um processamento desnecessário para sua correção. Embora o desperdício associado a defeitos tenha também sido endereçado na apresentação da solução proposta, existem outras oportunidades de melhoria que devem ser analisadas mais aprofundadamente neste contexto, nomeadamente a conformidade das estruturas com as especificações no final dos processos de soldadura e maquinagem e os fluxos dos aventais móveis e régua entre as fases de maquinagem e PMNT.

O desperdício de movimentação dos operadores de produção e de logística também deve ser reduzido. Embora se perspetive que, com a recolha dos componentes de supermercado pelo operador da montagem numa única deslocação, as necessidades de saída dos postos reduzam significativamente, o objetivo deve ser a sua eliminação total. No entanto, a equipa logística não tem neste momento capacidade suficiente para garantir o abastecimento de todos os materiais a todas as secções onde ocorrem os processos produtivos. Considera-se por isso pertinente a implementação de soluções que permitam a agilização dos processos de logística interna, tal como a definição de rotas para recolha de componentes no armazém.

O planeamento das compras também influencia o trabalho da equipa de logística e deve ser melhorado, de forma que os componentes e quantidades recebidas estejam de acordo com as necessidades no momento. A acumulação por longos períodos de tempo dificulta o fluxo de outros materiais e, embora tenham sido sugeridas formas de melhorar a organização de zonas de stock e respetiva utilização de espaço, é importante não esquecer que existe sempre um custo de posse associado, que deve ser reduzido através de um planeamento de compras otimizado.

O bordo de linha deve também ser redefinido, pois o atual método de aviamento dos componentes de armazém aos postos de montagem utilizando como unidades de abastecimento paletes universais representa um grande desperdício de material em espera.

Em suma, há um longo caminho a percorrer, mas a ambição deve ser a criação de *one piece flow* com abastecimento *just in time*.

Referências

- Aguilar-Savén, Ruth Sara. 2004. "Business Process Modelling: Review and Framework." *International Journal of Production Economics* 90 (2): 129–49. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6).
- Bilalis, N., G. Scroubelos, A. Antoniadis, D. Emiris, and D. Koulouriotis. 2002. "Visual Factory: Basic Principles and the 'zoning' Approach." *International Journal of Production Research* 40 (15 SPEC.): 3575–88. <https://doi.org/10.1080/00207540210140031>.
- Braglia, M, G Carmignani, and F Zammori. 2011. "A New Value Stream Mapping Approach for Complex Production Systems." *International Journal of Production Research* 44: 18–19. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>.
- Chen, Joseph C, Ye Li, and Brett D Shady. 2010. "From Value Stream Mapping toward a Lean / Sigma Continuous Improvement Process: An Industrial Case Study." *International Journal of Production Research* 7543 (48:4): 1069–86. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>.
- Chiarini, Andrea. 2013. *Lean Organization: From the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Edited by Springer.
- Coimbra, Euclides A. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill.
- Dombrowski, U., and T. Mielke. 2013. "Lean Leadership - Fundamental Principles and Their Application." *Procedia CIRP* 7: 569–74. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.034>.
- Emiliani, M. L. 2008. "Standardized Work for Executive Leadership." *Leadership & Organization Development Journal* 29 (1): 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>.
- Imai, Massaki. 1986. *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill.
- LEI, Lean Enterprise Institute. 2008. *Lean Lexicon*. 4th ed. Lean Enterprise Institute.
- Lu, Jiunn Chenn, and Taho Yang. 2015. "Implementing Lean Standard Work to Solve a Low Work-in-Process Buffer Problem in a Highly Automated Manufacturing Environment." *International Journal of Production Research* 53 (8): 2285–2305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937009>.
- Mcintosh, R I, S J Culley, A R Mileham, G W Owen, S J Culley, A R Mileham, and G W A Owen. 2010. "A Critical Evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) Methodology." *International Journal of Production Research* 7543 (38:11): 2377–95. <https://doi.org/10.1080/00207540050031823>.
- Miltenburg, J. 2007. "Level Schedules for Mixed-Model JIT Production Lines: Characteristics of the Largest Instances That Can Be Solved Optimally." *International Journal of Production Research* 45 (16): 3555–77. <https://doi.org/10.1080/00207540701223394>.

- Moreno-Montes De Oca, Isel, Monique Snoeck, Hajo A. Reijers, and Abel Rodríguez-Morffi. 2015. "A Systematic Literature Review of Studies on Business Process Modeling Quality." *Information and Software Technology* 58: 187–205. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.011>.
- Murata, Koichi, and Hiroshi Katayama. 2010. "A Study on Construction of a Kaizen Case-Base and Its Utilisation: A Case of Visual Management in Fabrication and Assembly Shop-Floors." *International Journal of Production Research* 48 (24): 7265–87. <https://doi.org/10.1080/00207540903373823>.
- Parry, G. C., and C. E. Turner. 2006. "Application of Lean Visual Process Management Tools." *Production Planning and Control* 17 (1): 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>.
- Rother, Mike, and John Shook. 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Southworth, By Tom. 2010. "Muda, Mura, Muri." Kanban Zone. 2010. <https://kanbanzone.com/kanban-coaching/muda-mura-muri/>.
- Suárez-Barraza, Manuel F., Su Mi Dahlgaard-Park, Francisco G. Rodríguez-González, and Carolina Durán-Arechiga. 2016. "In Search of 'Muda' through the TKJ Diagram." *International Journal of Quality and Service Sciences* 8 (3): 377–94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2016-0028>.
- Womack, J. P., and D. T. Jones. 1997. "Lean Thinking—banish Waste and Create Wealth in Your Corporation." *Journal of the Operational Research Society* 48 (11): 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>.

ANEXO A: Spaghetti Diagram 07/03/2018

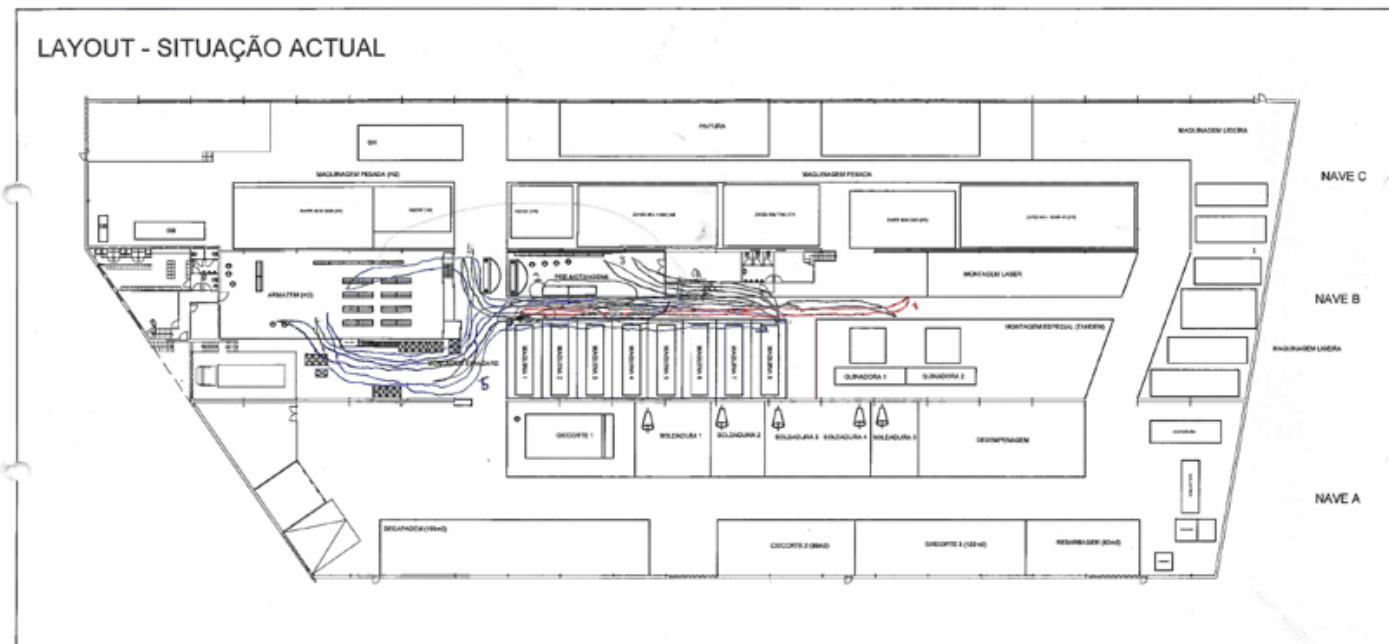


Tabela suporte spaghetti diagram			
Dia		07/03/2018	
Hora início		14:40	
Hora fim		16:30	
intervalo entre 15:20 e 15:35			
Operador da montagem: Pedro Sousa			
#	Hora início	Hora fim	Descrição
1	14:52	14:54	Movimentação
2	15:01	15:02	Movimentação/transporte
3	15:04	15:19	Movimentação/transporte
4	15:44	16:10	Movimentação/transporte
5	16:15	16:30	Movimentação
Tempo total 01:50			
Tempo desperdício 00:59 54%			

Figura 16 - Spaghetti Diagram 07/03/2018

ANEXO B: Spaghetti Diagram 08/03/2018

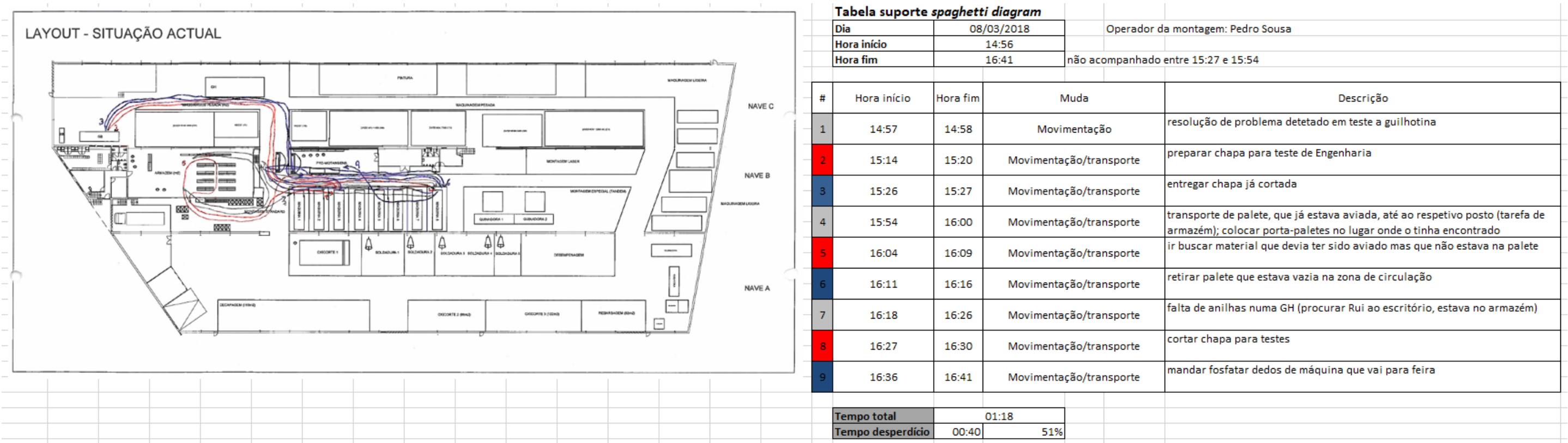


Figura 17 - Spaghetti Diagram 08/03/2018

ANEXO C: Spaghetti Diagram 09/03/2018

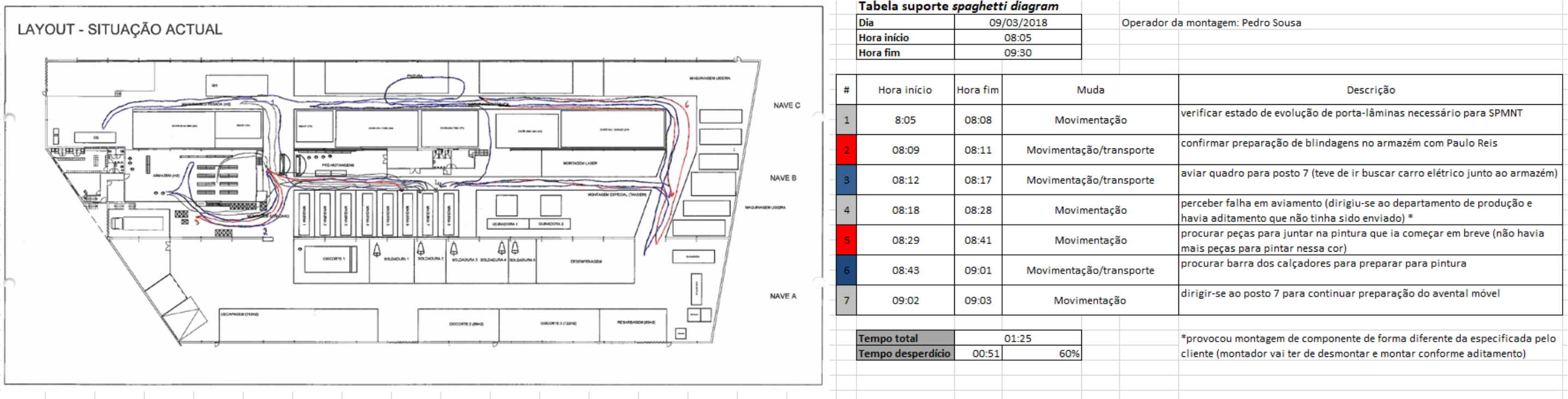


Figura 18 - Spaghetti Diagram 09/03/2018

ANEXO D: Spaghetti Diagram 21/03/2018

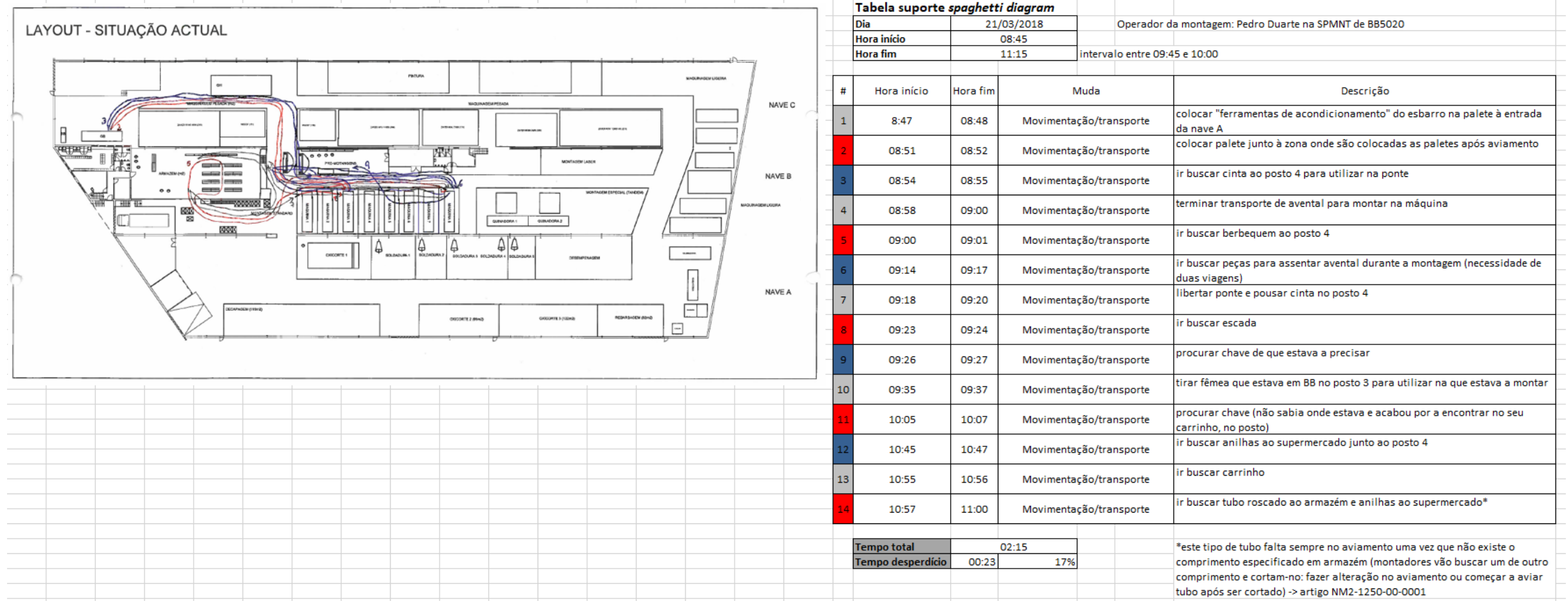


Figura 19 - Spaghetti Diagram 21/03/2018

ANEXO E: Spaghetti Diagram 22/03/2018

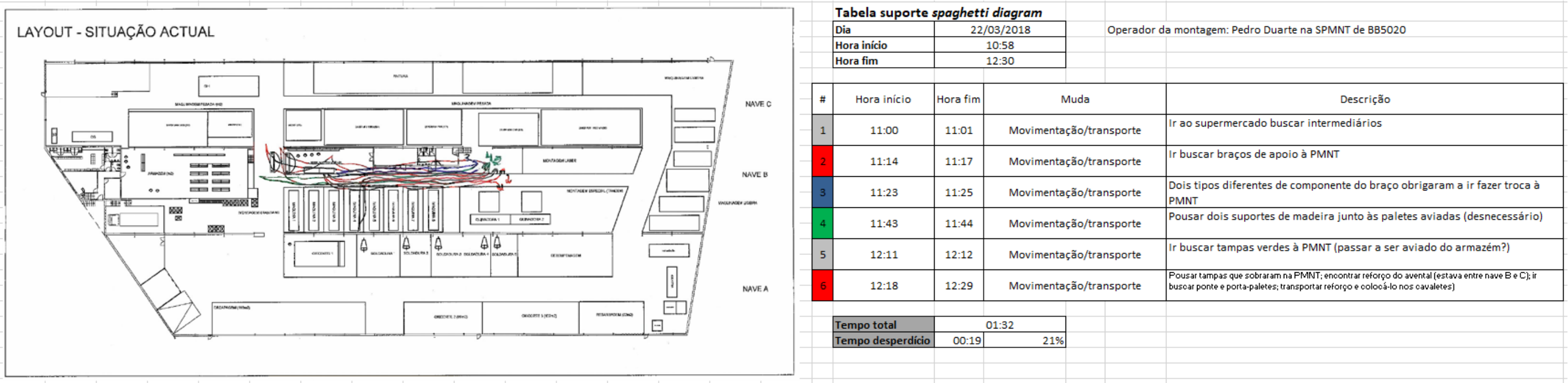


Figura 20 - Spaghetti Diagram 22/03/2018

ANEXO F: Spaghetti Diagram 23/03/2018

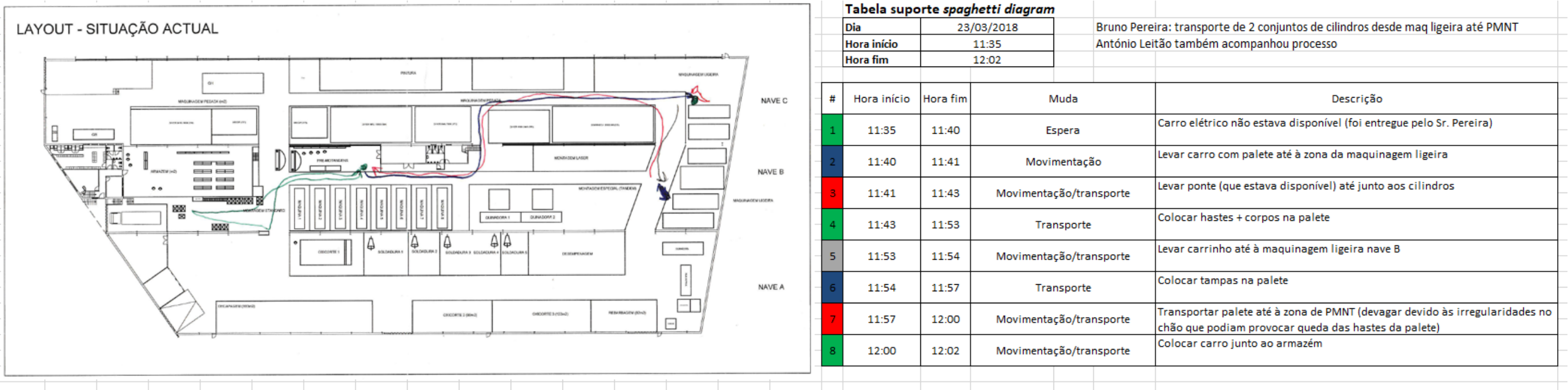


Figura 21 - Spaghetti Diagram 23/03/2018

ANEXO G: Spaghetti Diagram 10/04/2018

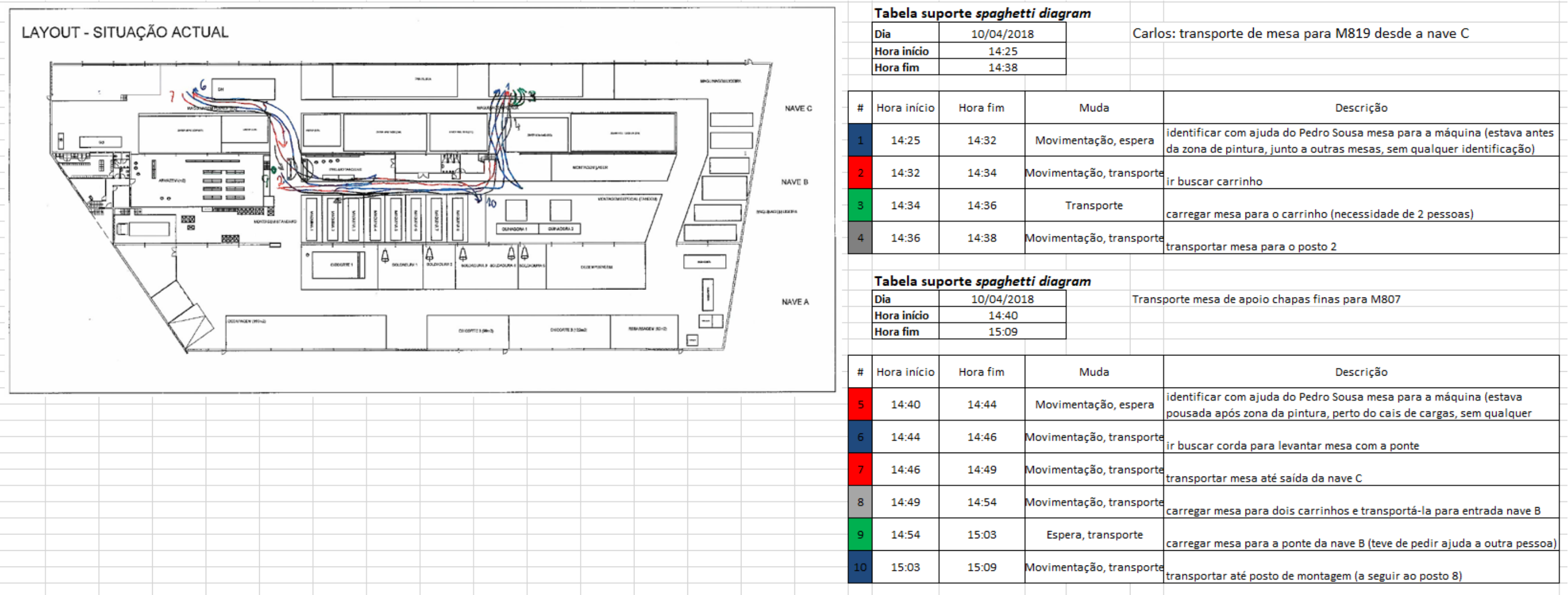


Figura 22 - Spaghetti Diagram 10/04/2018

ANEXO H: Diagrama Causa-efeito Atrasos na Produção

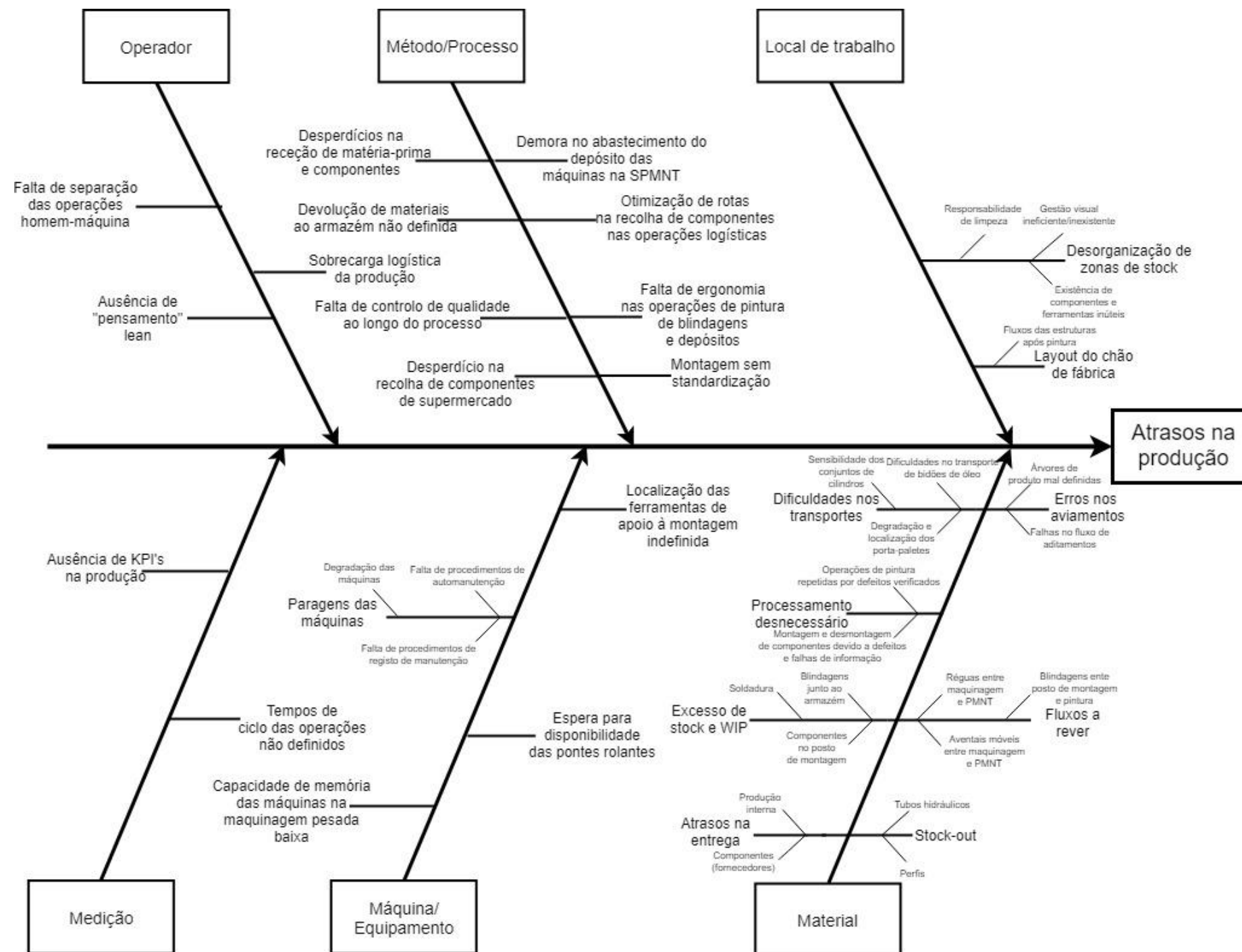


Figura 23 - Diagrama Causa-efeito Atrasos na Produção

ANEXO I: Value Stream Map

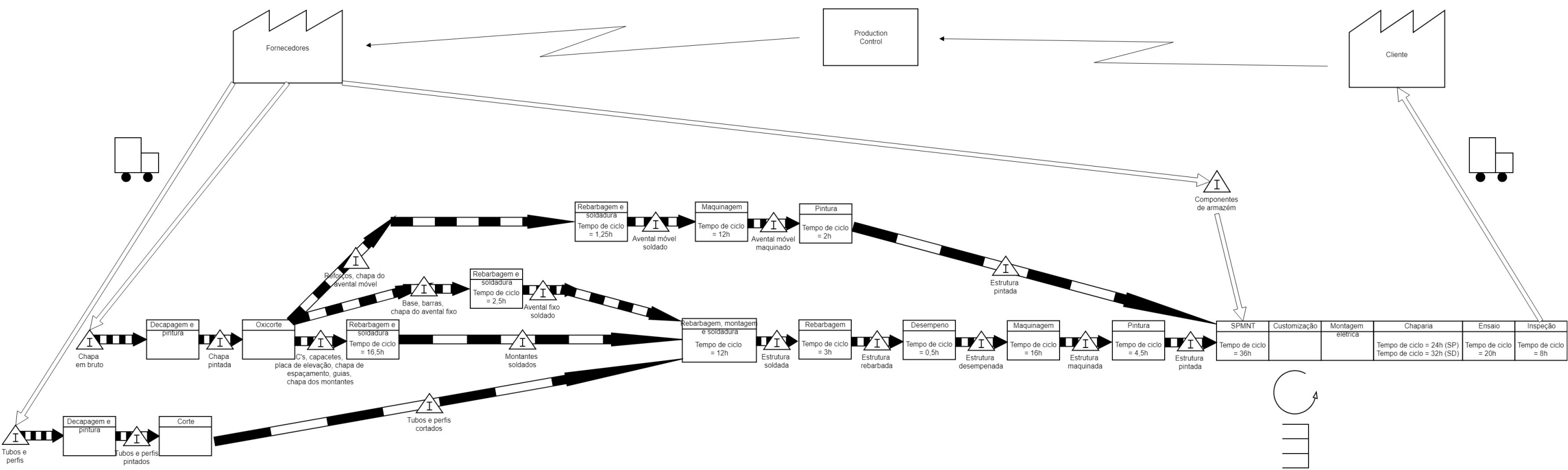


Figura 24 – Value Stream Map

ANEXO J: Fluxograma Receção de Matéria-prima e Componentes

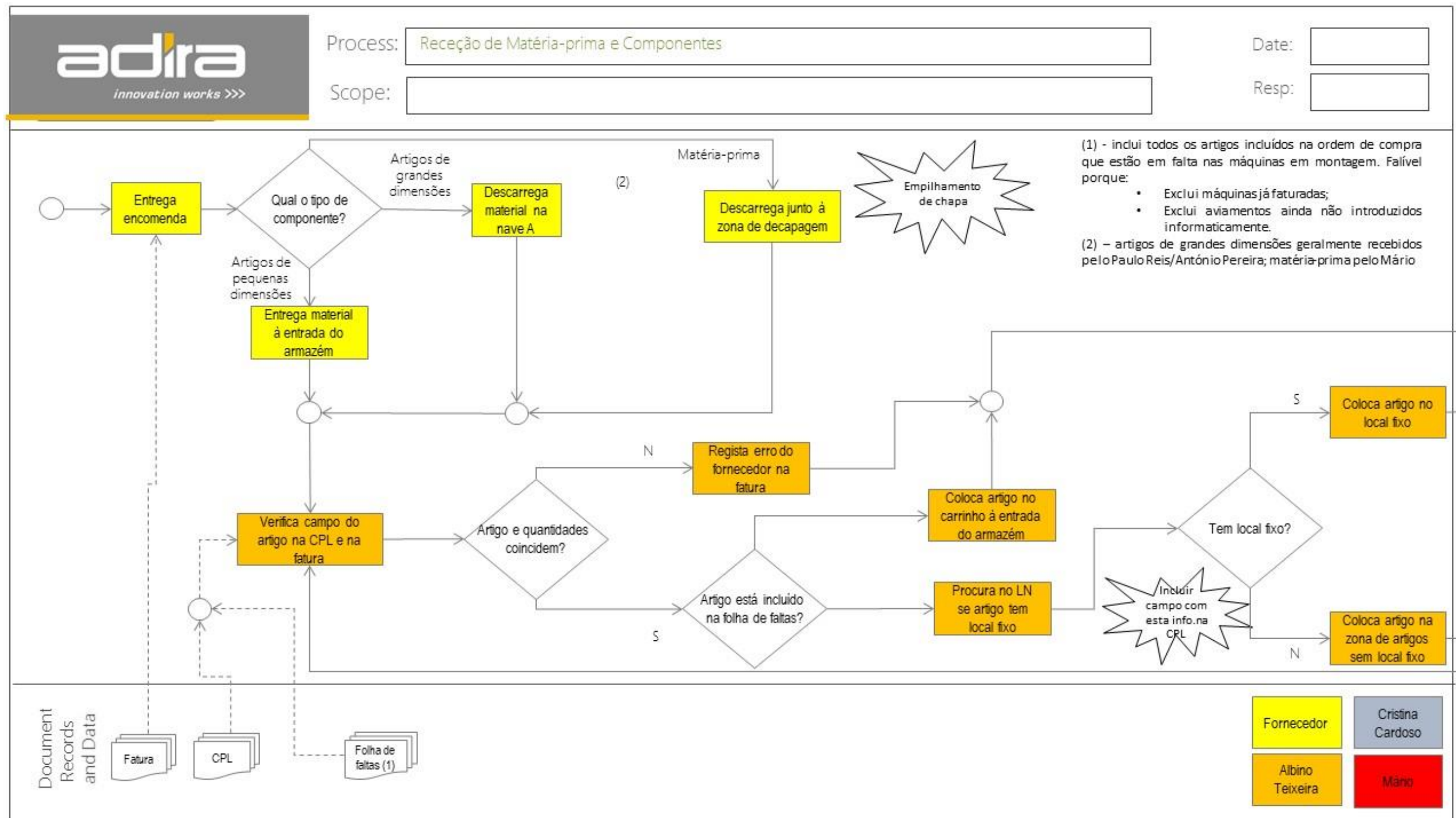


Figura 25 - Fluxograma Receção de Matéria-prima e Componentes (1/2)

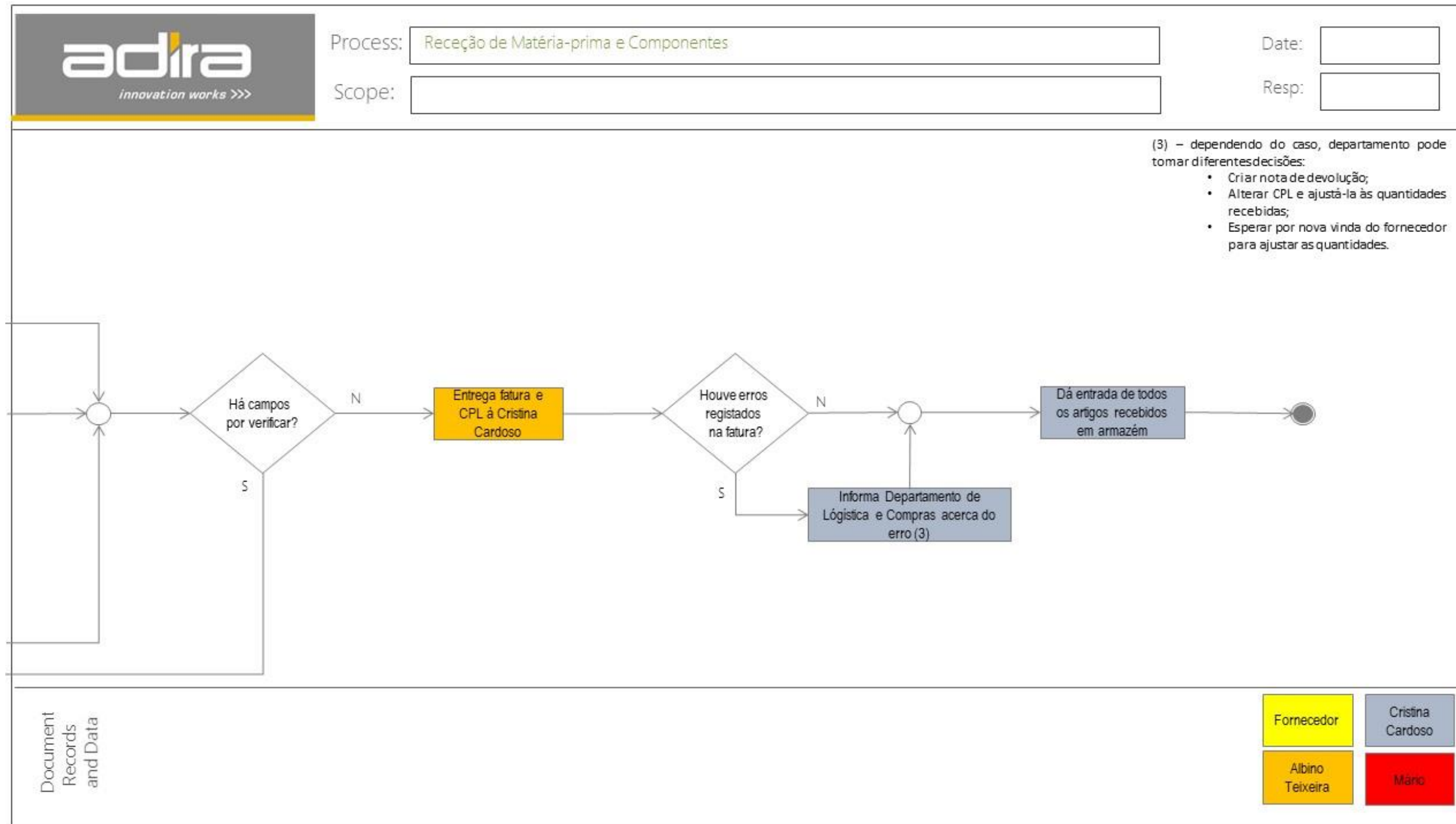


Figura 26 - Fluxograma Receção de Matéria-prima e Componentes (2/2)

ANEXO L: Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem

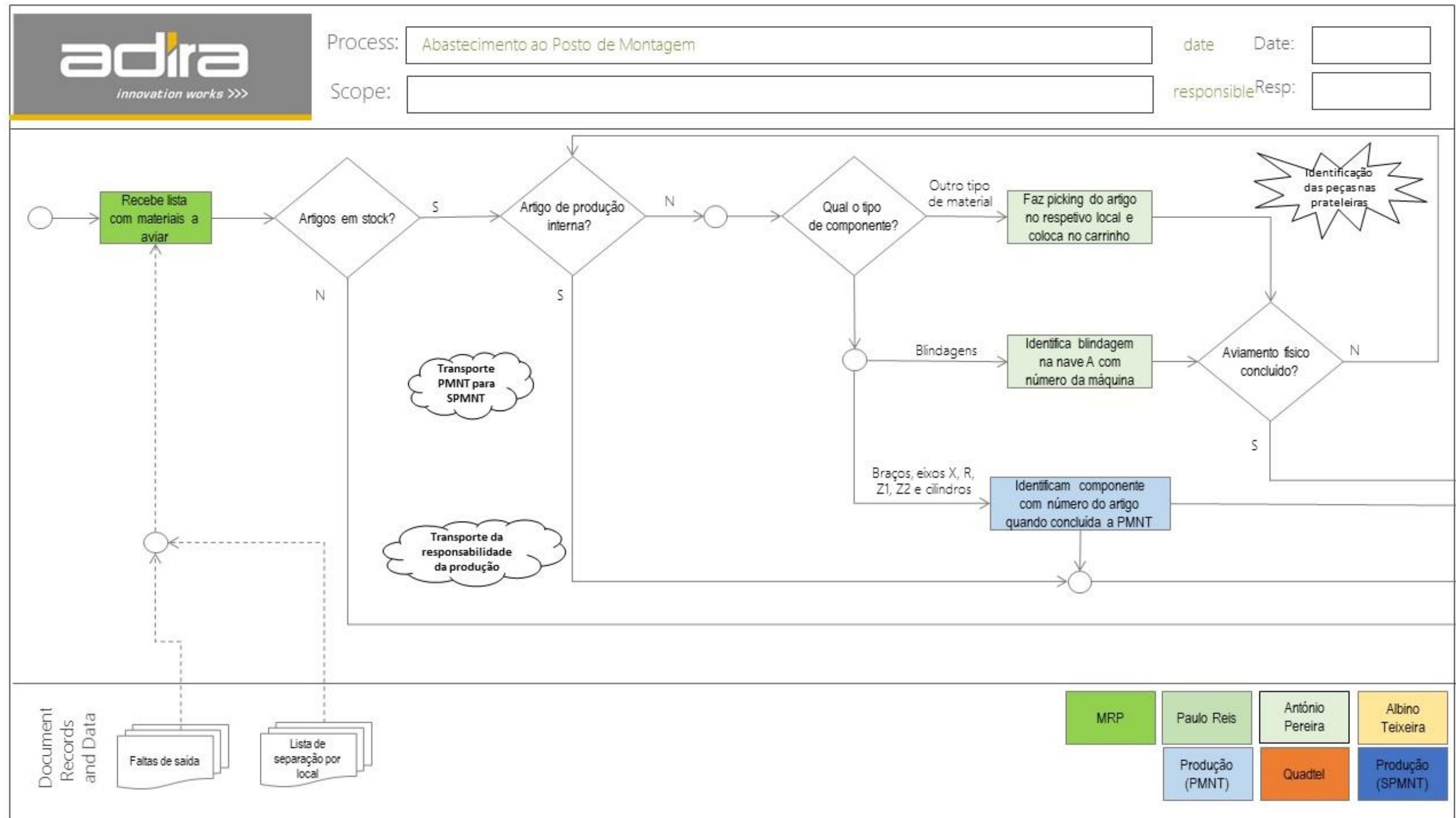


Figura 27 - Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem (1/4)

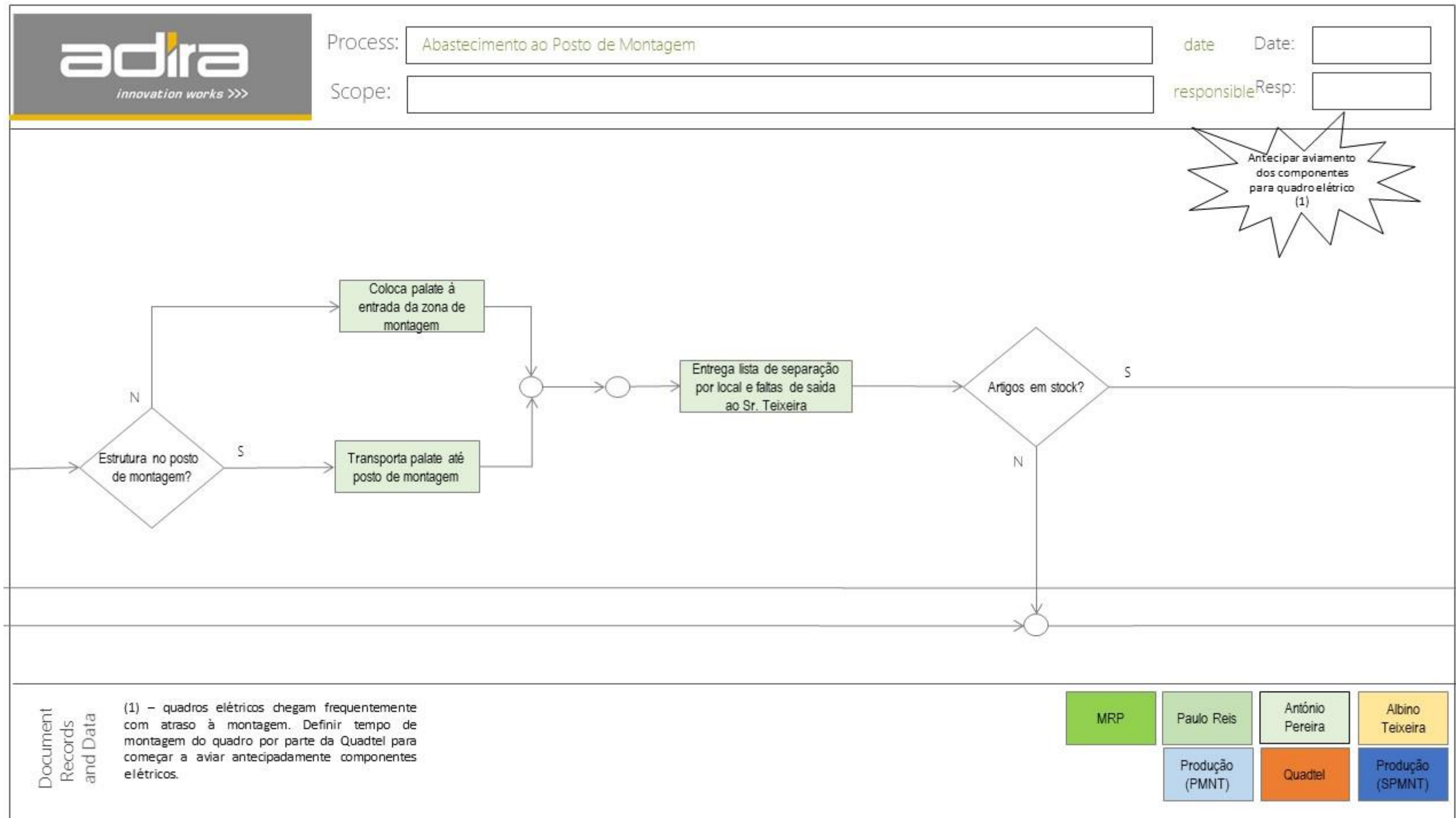


Figura 28 - Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem (2/4)

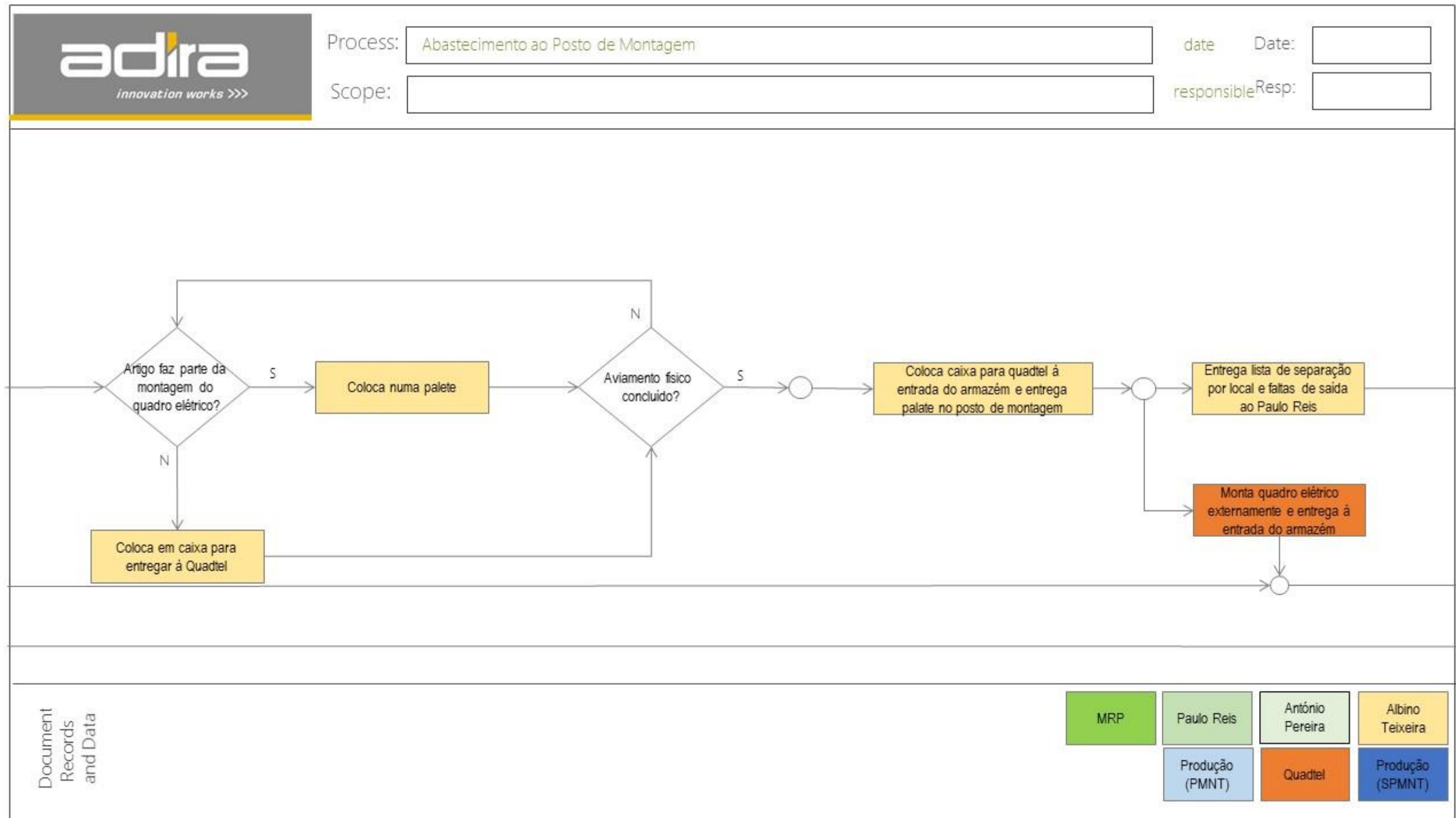


Figura 29 - Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem (3/4)

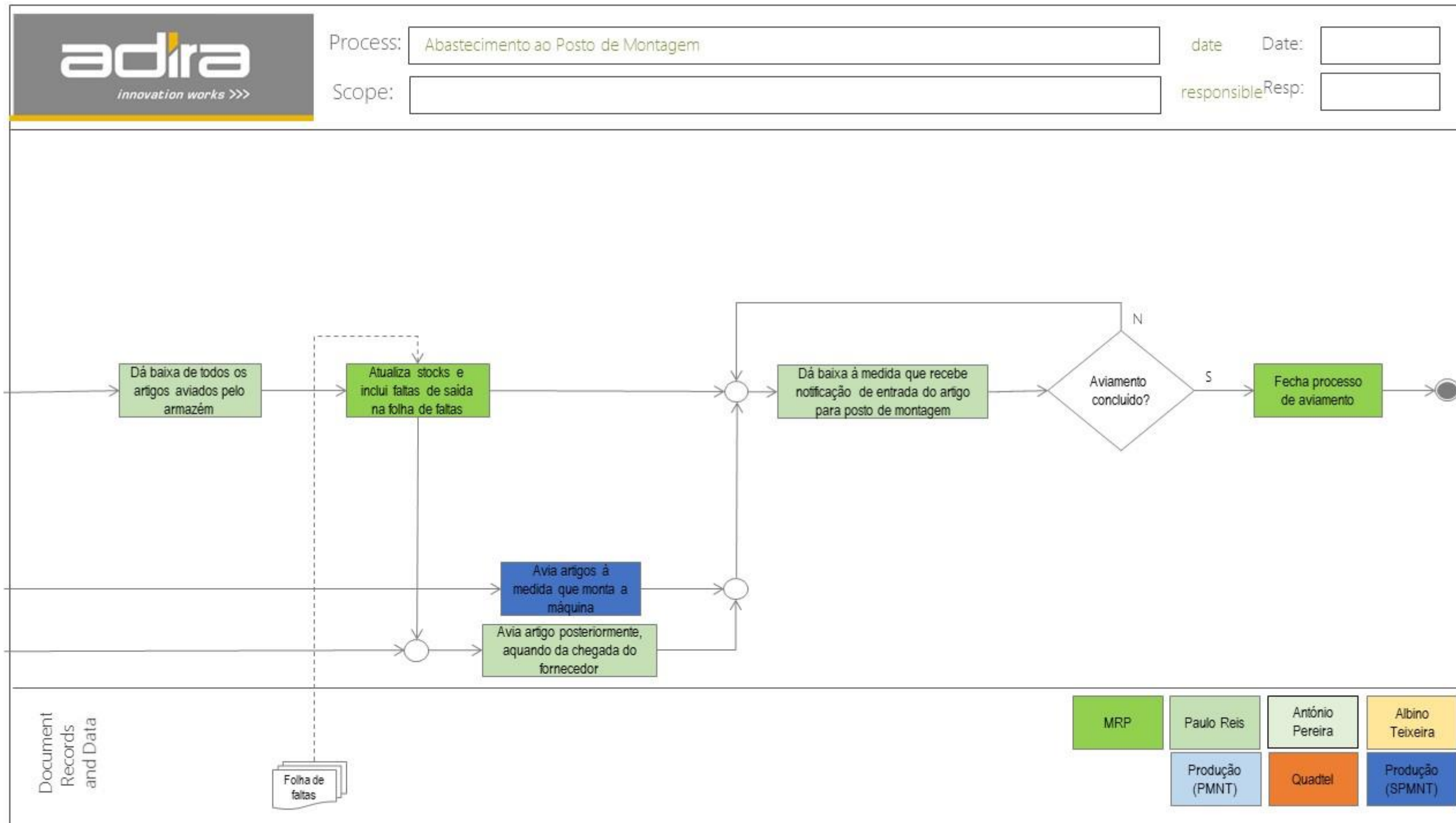


Figura 30 - Fluxograma Abastecimento ao Posto de Montagem (4/4)

ANEXO M: Fluxograma Devolução de Materiais das Máquinas de Corte Laser

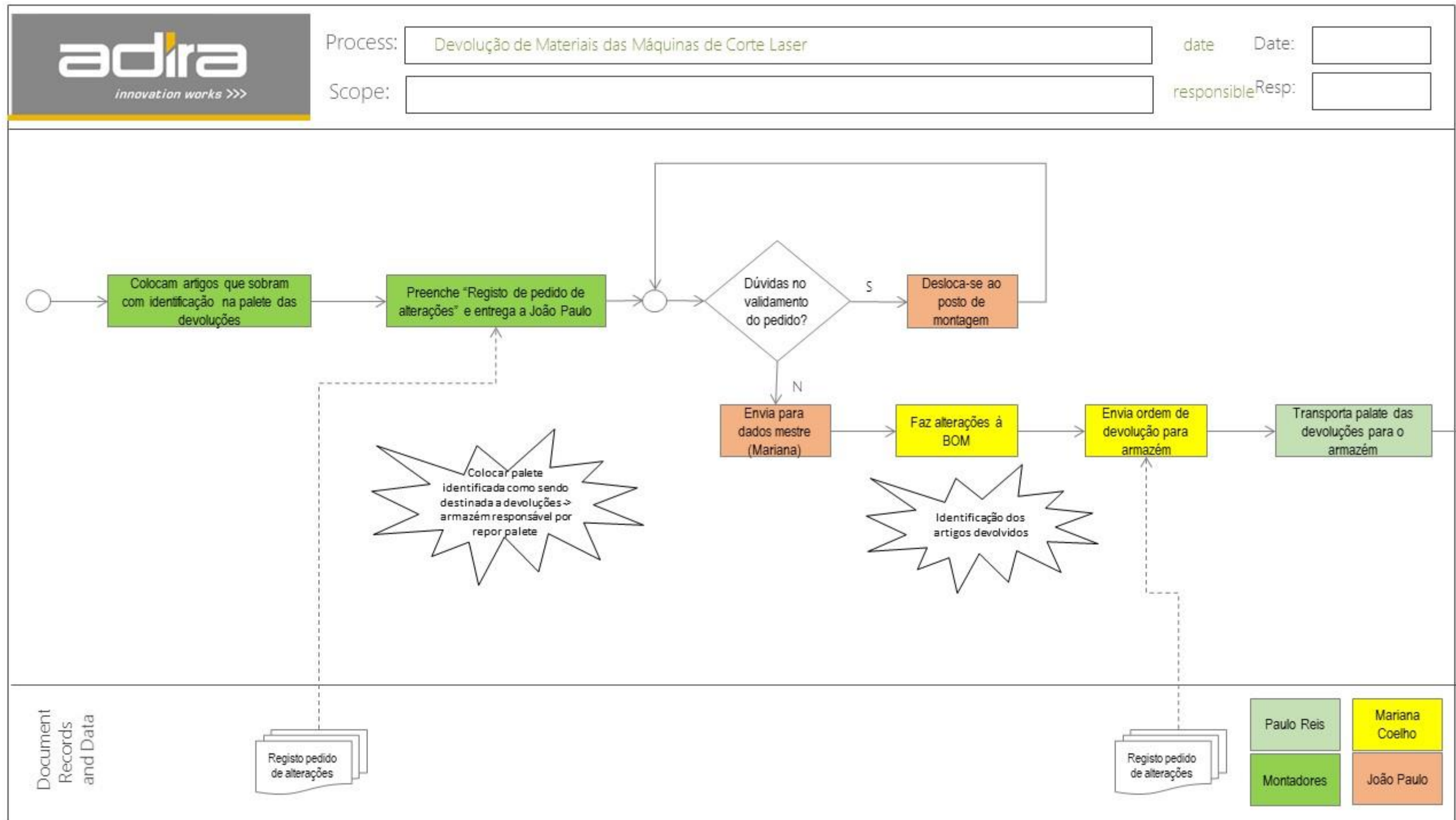


Figura 31 - Fluxograma Devolução de Materiais das Máquinas de Corte Laser (1/2)



Figura 32 - Fluxograma Devolução de Materiais das Máquinas de Corte Laser (2/2)

ANEXO N: Registo de Pedidos de Alterações


 Registo de pedidos de alterações / sugestões para BOM's

[illegible]

Figura 33 - Registo de Pedidos de Alterações

ANEXO O: Registo das Tarefas de Automanutenção

[illegible]

Figura 34 - Registo das Tarefas de Automanutenção

ANEXO P: Pedido e Registo de Reparação de Equipamento

		PEDIDO E REGISTO DE REPARAÇÃO DE EQUIPAMENTO		Nº _____	
Identificação equipamento					
Nº Máquina : _____		Localização : _____			
Tipo / Marca / Modelo : _____					
Descrição avaria comportamento do equipamento					
Planeamento da reparação					
Imediato (perigo para o utilizador)		☐		Normal	
Muito urgente (atrasos na produção)		☐		Quando possível	
Urgente		☐		☐	
Pedido por : _____		Data : _____			
Registo e aprovação da reparação					
Início paralisação (data) : _____		Fim paralisação (data) : _____		Tempo intervenção : _____	
Descrição da intervenção e material utilizado : _____					
Intervenção realizada por : _____		Aprovação (utilizador) : _____		Data : _____	

Figura 35 - Pedido e Registo de Reparação de Equipamento

ANEXO Q: Localização Proposta para Parques de Porta-paletes, Painéis de Ferramentas e Zonas de Stock

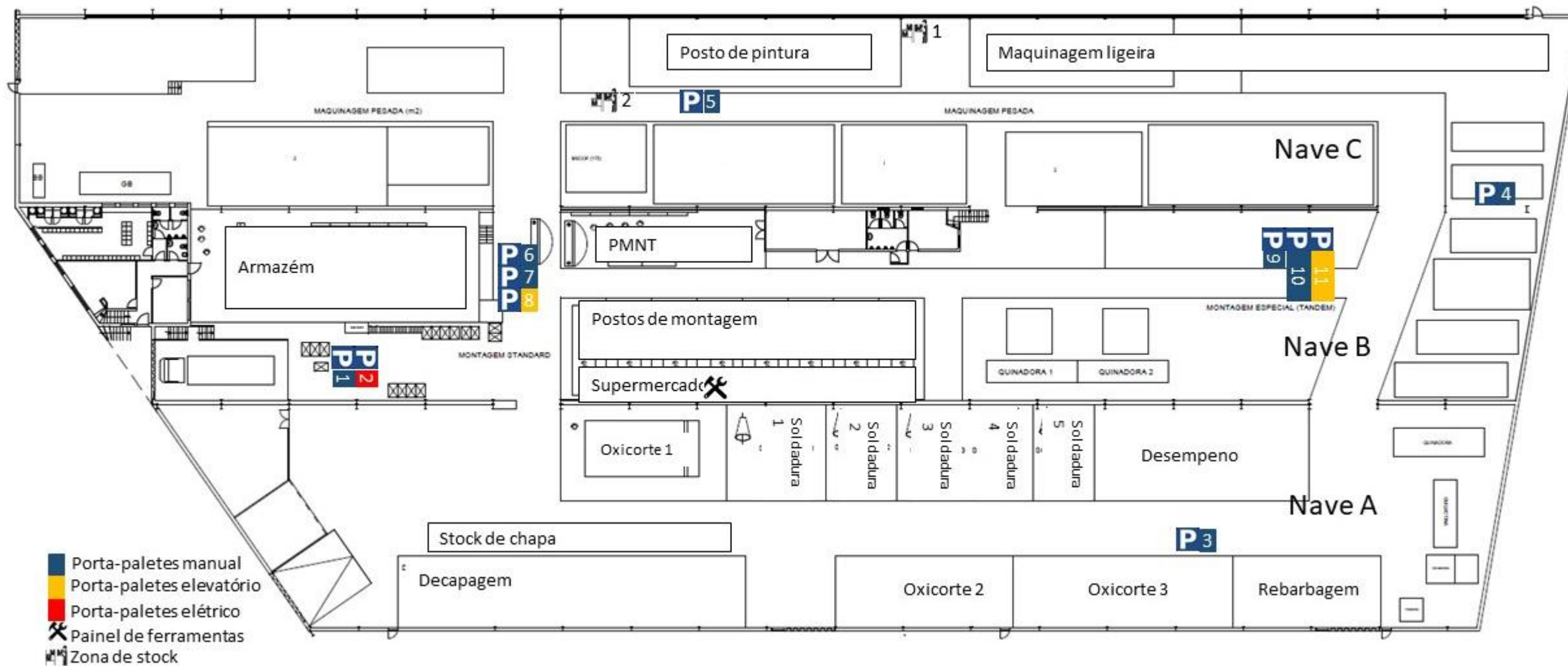


Figura 36 - Localização Proposta para Parques de Porta-paletes, Painéis de Ferramentas e Zonas de Stock

ANEXO R: Desenho da Tampa da Caixa-paleta para Conjuntos de Cilindros

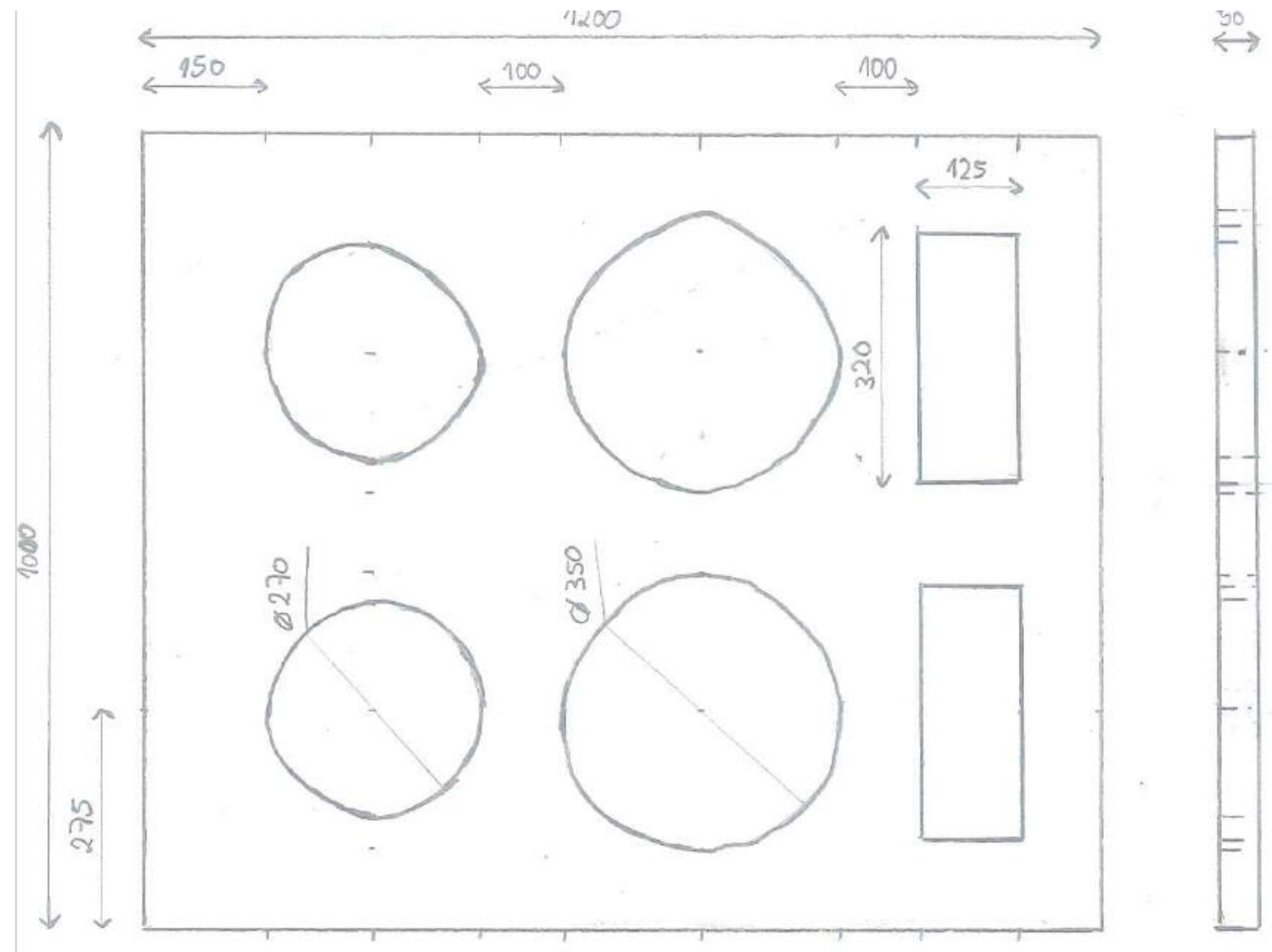


Figura 37 - Desenho da Tampa da Caixa-paleta para Conjuntos de Cilindros

ANEXO S: Plano de Implementação

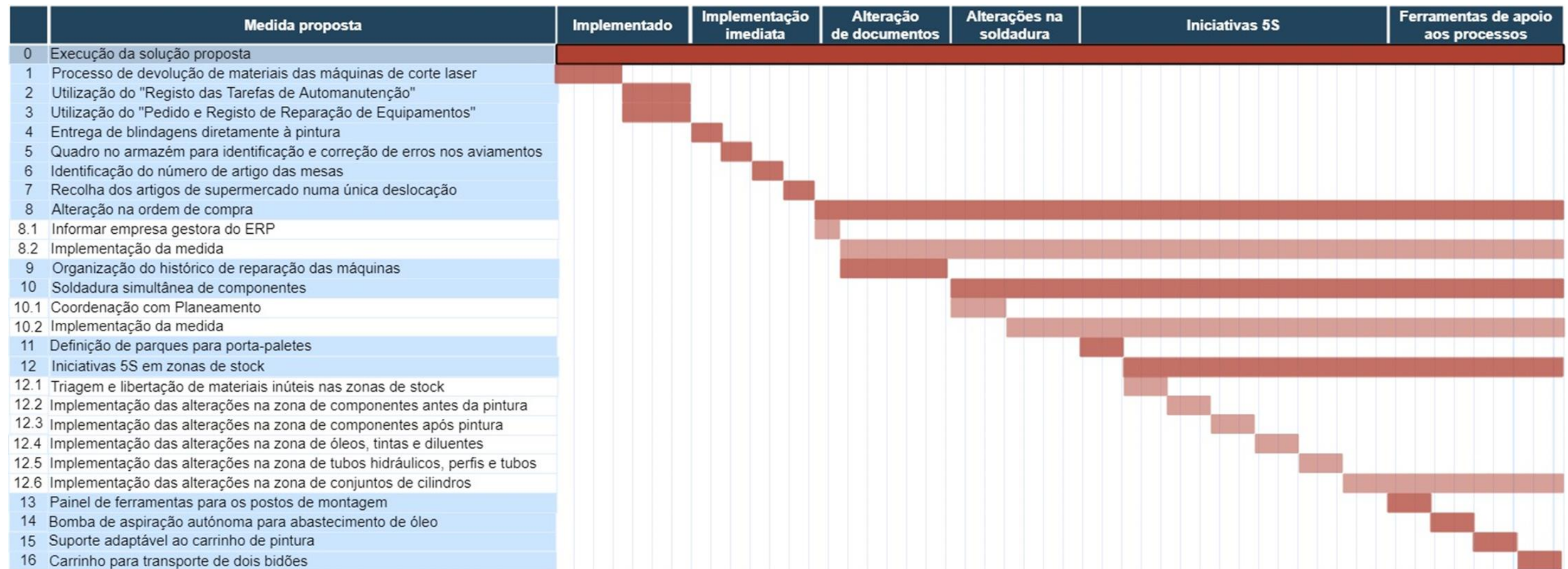


Figura 38 – Plano de Implementação

ANEXO T: Value Stream Map - Estado Futuro

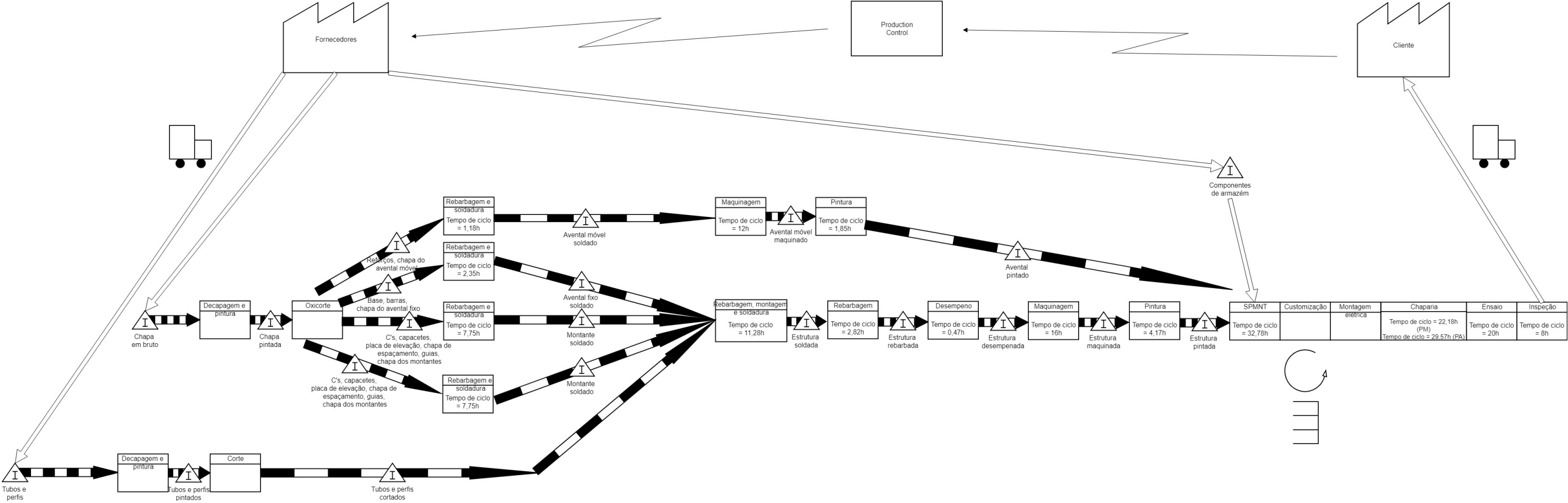


Figura 39 – Value Stream Map do Estado Futuro