



DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

MARIA FRANCISCA FERRAZ FRANCO

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

# MELHORIA DO INDICADOR OEE EM LINHAS DE ENCHIMENTO E EMBALAMENTO DE ÓLEOS E AZEITES

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa  
Setembro, 2025



# MELHORIA DO INDICADOR OEE EM LINHAS DE ENCHIMENTO E EMBALAMENTO DE ÓLEOS E AZEITES

**Maria Francisca Ferraz Franco**

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Orientador:** Doutor Radu Godina,  
Professor Auxiliar na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

## **Júri:**

**Presidente:** Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,  
Professora Associada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

**Arguente:** Doutor Victor Azamfirei-Ioniță,  
Professor Auxiliar Convidado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

**Orientador:** Doutor Radu Godina,  
Professor Auxiliar na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa



## **Melhoria do Indicador OEE em Linhas de Enchimento e Embalamento de Óleos e Azeites**

Copyright © Maria Francisca Ferraz Franco, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação aconteceu num verdadeiro mar agitado, com meses intensos, cheios de desafios, mas também de aprendizagens e crescimento. Não teria conseguido chegar ao fim sem o apoio de quem esteve ao meu lado e a todos deixo o meu sincero obrigado.

Em primeiro lugar, ao meu orientador, Prof. Radu Godina, pela ajuda e disponibilidade ao longo de todo o trabalho.

Ao *Kaizen Institute*, obrigada pela oportunidade e pela forma como me receberam desde o primeiro dia. Um agradecimento especial ao Pedro Meira, ao Guilherme, à Adriana, e ao João pelo apoio constante e por tudo o que me ensinaram.

Aos meus amigos da faculdade e de casa, obrigada pela amizade e pela companhia, por me ouvirem nos momentos de maior *stress* e, acima de tudo, por me ajudarem a rir e a desligar quando mais precisava. Mafalda, Miguel, Nuno, Inês, Pedro e Mota foram o melhor destes cinco anos.

Um agradecimento muito especial à minha amiga de coração, Mafalda. Obrigada por estares sempre ao meu lado e por me lembrares constantemente de que não ia desistir e que no fim valeria a pena. Foste o meu porto seguro e quem, mesmo nos dias mais duros, conseguia arrancar-me um sorriso (*Arigato Gozaimasu*)

Por último, mas de forma muito especial, à minha família. Aos meus pais, à minha irmã e aos meus avós, obrigada por serem sempre o meu maior pilar. Pai, obrigada por me desafiares a ser melhor, és e serás sempre uma grande inspiração. Mãe, obrigada pela paciência sem fim, pelo carinho e pelas palavras sábias que só tu sabes dar. Mana, obrigada pela cumplicidade única e pelos abraços que finjo não gostar, mas que tantas vezes me deram força. Avós, obrigada por todo o apoio e pelas “boas viagens” ditas com tanto amor, que me fizeram sentir sempre acompanhada. E ao meu cão, que mesmo já não estando cá, foi durante estes anos um refúgio e me trouxe paz nos momentos mais difíceis.



“A smooth sea never made a skilled sailor”  
(Franklin D. Roosevelt)



## RESUMO

A elevada pressão competitiva do setor alimentar, marcada por margens reduzidas e elevada exigência de eficiência, torna essencial a adoção de metodologias que asseguram a melhoria contínua dos processos produtivos.

Esta dissertação apresenta um estudo de caso sobre a aplicação da filosofia *Kaizen* e de ferramentas *Lean* numa empresa portuguesa do setor de óleos e gorduras alimentares, no âmbito de um projeto desenvolvido em parceria com o *Kaizen Institute*. O estudo parte de dois desafios centrais identificados na área de embalamento: os baixos níveis de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) das linhas e a elevada variabilidade e imprevisibilidade dos tempos de *setup*.

O estudo de caso incide em três linhas de produção. Numa linha automática aplica-se a metodologia SMED, que permitiu reduzir o tempo de *setup* em 50 por cento, correspondendo a cerca de 10 horas de capacidade libertada num único mês. Numa linha semi-automática aplica-se *Standard Work*, medida que possibilitou aumentar a capacidade produtiva e resultou num acréscimo de 9 pontos percentuais no OEE. Noutra linha semi-automática propõe-se a reorganização em *layout* em U com recurso ao *Simplified Systematic Layout Planning*, que projetou uma redução de 37,5 por cento na distância percorrida por palete, aumentando a fluidez do processo e diminuindo os movimentos do operador.

Os resultados obtidos demonstram que a integração estruturada de práticas *Lean* nesta indústria contribui de forma significativa para o aumento do OEE e para a consolidação de uma cultura de melhoria contínua, assegurando ganhos imediatos e sustentáveis no longo prazo.

**Palavras-chave:** *Lean, Kaizen, OEE, SMED, Standard Work, SSLP, Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares*



## ABSTRACT

The high competitive pressure within the food sector, characterized by low margins and a strong demand for efficiency, makes the adoption of methodologies that ensure the continuous improvement of production processes essential.

This dissertation presents a case study on the application of the *Kaizen* philosophy and Lean tools in a Portuguese company operating in the edible oils and fats sector, developed in partnership with the Kaizen Institute. The study addresses two central challenges identified in the packaging area: the low levels of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and the high variability and unpredictability of *setup* times.

The case study focuses on three production lines. On an automatic line, the SMED methodology was applied, enabling a 50 percent reduction in *setup* time, which corresponds to approximately 10 hours of additional capacity released in a single month. On a semi-automatic line, Standard Work was introduced, which increased productive capacity and led to a 9-percentage-point improvement in OEE. On another semi-automatic line, a U-shaped layout was proposed using Simplified Systematic Layout Planning, projecting a 37.5 percent reduction in the distance traveled per pallet, thereby enhancing process flow and reducing operator movements.

The results demonstrate that the structured integration of Lean practices in this industry contributes significantly to improving OEE and consolidating a culture of continuous improvement, ensuring both immediate and sustainable long-term gains.



# ÍNDICE

|          |                                                  |          |
|----------|--------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                          | <b>1</b> |
| 1.1      | Contextualização do Problema.....                | 1        |
| 1.2      | Objetivos.....                                   | 3        |
| 1.3      | Metodologia de Investigação.....                 | 3        |
| 1.4      | Estrutura da Dissertação.....                    | 4        |
| 1.5      | Utilização de ferramentas de IA .....            | 5        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTOS LEAN E FERRAMENTAS.....</b>       | <b>7</b> |
| 2.1      | Origem do <i>Lean</i> .....                      | 7        |
| 2.2      | Princípios <i>Lean</i> .....                     | 10       |
| 2.3      | MUDA, MURI e MURA .....                          | 11       |
| 2.4      | Metodologia <i>Kaizen</i> .....                  | 13       |
| 2.4.1    | <i>Kaizen</i> Events .....                       | 13       |
| 2.4.2    | Reuniões de <i>Kaizen</i> Diário .....           | 14       |
| 2.5      | Ferramentas de Apoio .....                       | 14       |
| 2.5.1    | Ciclo <i>PDCA</i> .....                          | 14       |
| 2.5.2    | Diagrama de <i>Spaghetti</i> .....               | 15       |
| 2.5.3    | <i>Single-Minute Exchange of Die</i> (SMED)..... | 15       |
| 2.5.4    | Diagrama de <i>Ishikawa</i> .....                | 18       |

|          |                                                                                            |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.5    | 5 Whys .....                                                                               | 18        |
| 2.5.6    | Job Instruction .....                                                                      | 19        |
| 2.5.7    | Standard Work .....                                                                        | 20        |
| 2.5.8    | Simplified Systematic Layout Planning .....                                                | 24        |
| 2.5.9    | Kamishibai.....                                                                            | 26        |
| 2.6      | Layouts Industriais .....                                                                  | 27        |
| 2.6.1    | Layout por Processo.....                                                                   | 27        |
| 2.6.2    | Layout por Produto.....                                                                    | 27        |
| 2.6.3    | Layout por Localização Fixa.....                                                           | 28        |
| 2.6.4    | Layout por Família de Produtos .....                                                       | 28        |
| 2.7      | Key Performance Indicators .....                                                           | 31        |
| 2.7.1    | OEE .....                                                                                  | 31        |
| <b>3</b> | <b>INDÚSTRIA ÓLEOS E GORDURAS ALIMENTARES.....</b>                                         | <b>35</b> |
| 3.1      | Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares.....                                             | 35        |
| 3.2      | Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares em Portugal .....                                | 37        |
| 3.3      | Etapas e Desafios do Processo Industrial de Produção de Óleos e Gorduras Alimentares ..... | 38        |
| 3.3.1    | Linhas de Engarrafamento .....                                                             | 39        |
| 3.4      | Lean na Indústria Alimentar .....                                                          | 40        |
| <b>4</b> | <b>ENQUADRAMENTO E METODOLOGIA .....</b>                                                   | <b>45</b> |
| 4.1      | Enquadramento .....                                                                        | 45        |
| 4.1.1    | Kaizen Institute .....                                                                     | 46        |
| 4.1.2    | Empresa X.....                                                                             | 46        |
| 4.1.3    | Fluxo de Materiais da Unidade Industrial .....                                             | 47        |
| 4.2      | Kaizen Diário e Report de OEE.....                                                         | 49        |
| 4.3      | Metodologia do Estudo de Caso.....                                                         | 52        |
| <b>5</b> | <b>LINHA AUTOMÁTICA .....</b>                                                              | <b>55</b> |

|          |                                                                               |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.1      | Funcionamento da Célula de Trabalho .....                                     | 55        |
| 5.2      | Análise da Situação Atual.....                                                | 56        |
| 5.2.1    | Mudança de Formato.....                                                       | 56        |
| 5.2.2    | Impacto da Mudança de Formato no <i>OEE</i> .....                             | 57        |
| 5.3      | Aplicação da Ferramenta <i>SMED</i> .....                                     | 59        |
| 5.3.1    | Fase 0 e 1 - Observação e Separação entre <i>setup</i> interno e externo..... | 59        |
| 5.3.2    | Fase 2 - Conversão de atividades internas em externas .....                   | 64        |
| 5.3.3    | Fase 3 - Melhoria de todas as operações de <i>setup</i> .....                 | 64        |
| 5.4      | Validação, Testes e Implementação.....                                        | 69        |
| <b>6</b> | <b>LINHAS SEMI-AUTOMÁTICAS .....</b>                                          | <b>71</b> |
| 6.1      | <i>Layout</i> da Área de Embalamento Semi-Automático .....                    | 71        |
| 6.1.1    | Funcionamento das Células de Trabalho .....                                   | 71        |
| 6.2      | Linha G .....                                                                 | 73        |
| 6.2.1    | <i>OEE</i> .....                                                              | 74        |
| 6.2.2    | Mapeamento do Estado Atual e Identificação de Problemas .....                 | 74        |
| 6.2.3    | Proposta de Melhoria.....                                                     | 77        |
| 6.3      | Validação, Testes e Implementação.....                                        | 80        |
| 6.4      | Linha I.....                                                                  | 81        |
| 6.4.1    | <i>OEE</i> .....                                                              | 81        |
| 6.4.2    | Mapeamento do Estado Atual e Identificação de Problemas .....                 | 82        |
| 6.4.3    | Proposta de Melhoria.....                                                     | 84        |
| 6.5      | Validação .....                                                               | 88        |
| <b>7</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                           | <b>91</b> |
| 7.1      | Resultados .....                                                              | 91        |
| 7.1.1    | Linha E.....                                                                  | 91        |
| 7.1.2    | Linha G .....                                                                 | 92        |
| 7.2      | Comparação com a Literatura .....                                             | 94        |

|          |                                   |            |
|----------|-----------------------------------|------------|
| 7.3      | Relevância do Estudo de Caso..... | 96         |
| <b>8</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>            | <b>99</b>  |
| 8.1      | Limitações do Estudo .....        | 101        |
| 8.2      | Trabalhos Futuros.....            | 102        |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>          | <b>105</b> |
|          | <b>APÊNDICE A.....</b>            | <b>111</b> |
|          | <b>APÊNDICE B.....</b>            | <b>115</b> |
|          | <b>APÊNDICE C.....</b>            | <b>119</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 - A "Casa" .....                                                                                                                                                                                                    | 9  |
| Figura 2.2 - SMED: Fases Conceituais e Técnicas .....                                                                                                                                                                          | 18 |
| Figura 2.3 - Aplicação do ciclo PDCA no <i>Standard Work</i> .....                                                                                                                                                             | 21 |
| Figura 2.4 - <i>Standard Operations Combination Chart</i> .....                                                                                                                                                                | 22 |
| Figura 2.5 - <i>Standard Operations Chart</i> exemplo .....                                                                                                                                                                    | 23 |
| Figura 2.6 - <i>Standard Work Instruction</i> .....                                                                                                                                                                            | 24 |
| Figura 2.7 - Célula Linear e Célula em U .....                                                                                                                                                                                 | 30 |
| Figura 2.8 - (a) <i>layout</i> por produto (linha de produção), (b) <i>layout</i> por produto fixo, (c) <i>layout</i> por família de produtos (ou <i>layout</i> celular) e (d) <i>layout</i> por processo (ou funcional) ..... | 30 |
| Figura 3.1 - Evolução da produção, utilização e balanço global de óleos e gorduras alimentares no período de 2019/20 a 2023/24 (em milhões de toneladas).....                                                                  | 36 |
| Figura 3.2 - Linha de Engarrafamento .....                                                                                                                                                                                     | 40 |
| Figura 4.1 - Fluxo Materiais da Unidade Industrial .....                                                                                                                                                                       | 47 |
| Figura 4.2 - Quadro de <i>Kaizen</i> Diário das Linhas Semi-Automáticas .....                                                                                                                                                  | 50 |
| Figura 4.3 - <i>Dashboard</i> - Report OEE.....                                                                                                                                                                                | 51 |
| Figura 4.4 - Metodologia .....                                                                                                                                                                                                 | 53 |
| Figura 5.1 - Representação do fluxo da linha E .....                                                                                                                                                                           | 56 |
| Figura 5.2 - Tempo médio de <i>Setup</i> em maio, junho e julho de 2025 .....                                                                                                                                                  | 57 |
| Figura 5.3 - OEE, Disponibilidade e Performance da linha E em maio, junho, julho de 2025 .....                                                                                                                                 | 58 |
| Figura 5.4 - Gráfico do Impacto da Mudança de Formato no OEE de maio, junho e julho de 2025 .....                                                                                                                              | 58 |
| Figura 5.5 - Diagrama de Esparguete do <i>Setup</i> da linha E.....                                                                                                                                                            | 63 |
| Figura 5.6 - Representação temporal das atividades de <i>setup</i> da Linha E (Atual) .....                                                                                                                                    | 63 |
| Figura 5.7 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> da Mudança de Formato.....                                                                                                                                                            | 64 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 5.8 - Marcação na Guia do Transportador .....                                                                           | 66  |
| Figura 5.9 - Representação temporal das atividades de <i>setup</i> interno da Linha E (Futuro)....                             | 68  |
| Figura 5.10 - Diagramas de esparguete antes e depois da implementação do SMED .....                                            | 69  |
| Figura 6.1 - Representação do fluxo da linha G.....                                                                            | 72  |
| Figura 6.2 - Representação do fluxo da linha I .....                                                                           | 73  |
| Figura 6.3 - <i>Standard Work Combination Chart</i> da linha G atual .....                                                     | 76  |
| Figura 6.4 - <i>Standard Work Combination Chart</i> Futuro .....                                                               | 78  |
| Figura 6.5 - Instrução de Trabalho da Linha G .....                                                                            | 80  |
| Figura 6.6 - Cartão de Auditoria .....                                                                                         | 81  |
| Figura 6.7 - <i>Standard Work Combination Chart</i> da linha I.....                                                            | 83  |
| Figura 6.8 - Diagrama de Esparguete do operador da linha I .....                                                               | 83  |
| Figura 6.9 - <i>Relationship Chart</i> .....                                                                                   | 84  |
| Figura 6.10 - Hipótese A ( <i>Layout</i> em L) .....                                                                           | 86  |
| Figura 6.11 - Hipótese B ( <i>Layout</i> em U) .....                                                                           | 86  |
| Figura 6.12 - <i>Layout</i> Final da Linha I.....                                                                              | 88  |
| Figura 7.1 - Tempo de médio de <i>setup</i> semanal após implementação de <i>SMED</i> .....                                    | 91  |
| Figura 7.2 - Comparação da evolução semanal da Performance e do <i>OEE</i> da Linha A entre julho de 2024 e julho de 2025..... | 93  |
| Figura B.1 - <i>Standard Work Combination Chart</i> Atual – Linha G .....                                                      | 115 |
| Figura B.2 - <i>Standard Work Combination Chart</i> Atual – Linha I.....                                                       | 116 |
| Figura B.3 - <i>Standard Work Combination Chart</i> Futuro – Li .....                                                          | 117 |
| Figura C.1 - Instrução de Trabalho – Operador de Enchimento e de Paletização (Linha G) .                                       | 119 |
| Figura C.2 - Instrução de Trabalho – Operador Logístico (Linha G) .....                                                        | 120 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 2.1 - 7 MUDAS .....                                                                                | 12  |
| Tabela 2.2 - Relação entre tempo de <i>setup</i> e tamanhos de lote .....                                 | 16  |
| Tabela 2.3 - Relação entre tempo reduzido de <i>setup</i> e tamanhos de lote .....                        | 16  |
| Tabela 2.4 - Grau de Proximidade .....                                                                    | 25  |
| Tabela 4.1 - Equipamentos e Respetivas Funções nas Linhas de Produção .....                               | 49  |
| Tabela 5.1 - Mapeamento de tarefas do <i>setup</i> do Tribloco .....                                      | 60  |
| Tabela 5.2 - Mapeamento de tarefas do <i>setup</i> da Rotuladora .....                                    | 61  |
| Tabela 5.3 - Mapeamento de tarefas do <i>setup</i> da Formadora.....                                      | 62  |
| Tabela 5.4 - Mapeamento das tarefas de <i>setup</i> do Tribloco após implementação das melhorias<br>..... | 67  |
| Tabela 5.5 - Matriz de Competências do Turno A (Exemplo) .....                                            | 70  |
| Tabela 6.1 - Tempo de ciclo correspondente a cada etapa da Linha G .....                                  | 75  |
| Tabela 6.2 - 5 Porquês da linha G.....                                                                    | 77  |
| Tabela 6.3 - Dados comparativos entre os dois modelos .....                                               | 78  |
| Tabela 6.4 - Tempo de ciclo correspondente a cada etapa da linha I .....                                  | 82  |
| Tabela 6.5 - <i>Activities Area and Features Sheet</i> .....                                              | 85  |
| Tabela 6.6 - Avaliação das Alternativas .....                                                             | 87  |
| Tabela 6.7 - Dados comparativos entre os dois <i>layouts</i> .....                                        | 88  |
| Tabela 7.1 - Disponibilidade, Performance e OEE no mês de julho para os anos de 2024 e 2025<br>.....      | 93  |
| Tabela 7.2 - Resultados das auditorias no mês de julho.....                                               | 93  |
| Tabela A.1 - <i>Checklist</i> Tribloco – Mudança de Formato .....                                         | 111 |
| Tabela A.2 - <i>Checklist</i> Rotuladora – Mudança de Formato.....                                        | 112 |
| Tabela A.3 - <i>Checklist</i> Formadora – Mudança de Formato.....                                         | 113 |



## SIGLAS

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| <b>EUA</b>  | Estados Unidos da América                    |
| <b>KPI</b>  | <i>Key Performance Indicators</i>            |
| <b>MP</b>   | Matéria-Prima                                |
| <b>MTTR</b> | <i>Mean Time to Repair</i>                   |
| <b>MTTF</b> | <i>Mean Time to Failure</i>                  |
| <b>NVA</b>  | Não Valor Acrescentado                       |
| <b>OEE</b>  | <i>Overall Equipment Effectiveness</i>       |
| <b>PDCA</b> | <i>Plan-Do-Check-Act</i>                     |
| <b>SLP</b>  | <i>Systematic Layout Planning</i>            |
| <b>SMED</b> | <i>Single-Minute Exchange of Die</i>         |
| <b>SSLP</b> | <i>Simplified Systematic Layout Planning</i> |
| <b>TPM</b>  | <i>Total Productive Maintenance</i>          |
| <b>TPS</b>  | <i>Toyota Production System</i>              |
| <b>TWI</b>  | <i>Training Within Industry</i>              |
| <b>VA</b>   | Valor Acrescentado                           |
| <b>VSM</b>  | <i>Value Stream Mapping</i>                  |



# INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo contextualizar o estudo de caso, iniciando-se com o enquadramento do problema e dos desafios que motivaram a realização da dissertação. Seguidamente, são definidos os objetivos centrais deste estudo e apresentada a metodologia. Por fim, apresenta-se uma síntese da estrutura da dissertação, onde se explicita a organização adotada e o conteúdo de cada capítulo subsequente.

## 1.1 Contextualização do Problema

A indústria alimentar constitui um pilar económico e social de enorme relevância, não apenas pelo peso que assume na criação de emprego e no crescimento económico, mas também pela sua função essencial na garantia da segurança alimentar e no fornecimento de produtos que respondem às necessidades nutricionais da população [1].

Este setor opera sob um quadro regulamentar exigente, sustentado em normas rigorosas de qualidade e segurança que asseguram rastreabilidade e conformidade em todas as fases da cadeia de valor. O cumprimento destes requisitos é indispensável para garantir a confiança do consumidor, mas implica processos estáveis e sujeitos a um elevado nível de controlo [2]. Paralelamente, assiste-se a uma pressão crescente por parte dos consumidores, que procuram alimentos não apenas seguros e acessíveis, mas também saudáveis e sustentáveis. Esta realidade obriga os fabricantes a conciliar custos e qualidade, ajustando continuamente os seus processos a requisitos de mercado cada vez mais rigorosos, num setor tradicionalmente marcado por custos operacionais elevados [1].

A indústria de óleos e gorduras não constitui exceção face a estas exigências e, paralelamente, tem apresentado uma tendência de crescimento. Projeções recentes indicam que os

*stocks* globais poderão diminuir, uma vez que o consumo tende a superar a produção, reforçando a necessidade de aumentar a eficiência operacional e a resiliência da cadeia de abastecimento [3].

Deste modo, muitas indústrias alimentares têm vindo a apostar na automação dos processos, resultando em ganhos significativos em termos de cadência e volume, substituindo gradualmente tarefas manuais por máquinas. No entanto, esta evolução aumentou a dependência da disponibilidade dos equipamentos, tornando as linhas vulneráveis a falhas técnicas, paragens não planeadas e *setups* prolongados. De facto, estudos indicam que cerca de 42% das empresas do setor alimentar enfrentam perdas económicas e atrasos devido à baixa disponibilidade das suas linhas de produção. A análise detalhada das causas mostra que aproximadamente 50% das falhas estão associadas a paragens não planeadas, como avarias, erros de calibração ou atrasos no fornecimento de peças, enquanto cerca de 33% resultam de *setups* excessivamente longos [4].

A variabilidade da procura agrava este cenário, pois a produção em lotes menores e com maior diversidade de referências aumenta a frequência de *setups* e, consequentemente, a exposição a perdas de disponibilidade. Estas operações, quando não controladas, introduzem MUDA (desperdício) e MURA (irregularidade), degradando o ritmo da linha, reduzindo a cadência e comprometendo indicadores como o OEE [5].

Os desafios não se restringem aos equipamentos. Nas indústrias, a componente manual do trabalho continua a ser uma das principais fontes de ineficiência, marcada por elevada variabilidade na execução das tarefas, distribuição desigual das atividades entre operadores e deslocações excessivas entre postos, o que compromete a consistência e a estabilidade do processo produtivo. A situação agrava-se com *layouts* pouco eficazes, que geram fluxos descontínuos, períodos de inatividade e movimentos redundantes [6]. Como resultado, as linhas tornam-se frágeis e pouco resilientes, acumulando perdas sempre que ocorre uma alteração no planeamento ou uma variação no ritmo de produção, dificultando a adaptação às exigências do mercado.

Para enfrentar estes problemas, muitas empresas têm recorrido a metodologias de melhoria contínua, entre as quais se destaca o *Lean* e a sua metodologia *Kaizen*. O *Lean*, ao focar-se na eliminação sistemática de desperdícios e na criação de valor ao longo de todo o fluxo produtivo, permite simplificar processos, reduzir variabilidade e estabilizar operações. A metodologia *Kaizen*, por sua vez, reforça esta abordagem através da melhoria contínua e incremental, envolvendo equipas na identificação e resolução de problemas do dia a dia [7].

É neste enquadramento que se insere o presente estudo, desenvolvido no contexto de uma indústria portuguesa de óleos e gorduras alimentares. Apesar da sua presença consolidada no mercado, foram identificadas fragilidades operacionais, nomeadamente nas linhas de enchimento e embalagem, que limitam o seu desempenho. Torna-se, por isso, essencial implementar soluções baseadas nos princípios e ferramentas *Lean*, capazes de aumentar a produtividade, reduzir perdas e potenciar a competitividade da organização.

## 1.2 Objetivos

O presente estudo de caso tem como objetivo principal melhorar o desempenho produtivo de uma unidade industrial do setor de óleos e gorduras alimentares, com foco numa linha automática e em duas linhas semi-automáticas de enchimento e embalagem.

Para alcançar este propósito, serão delineadas e implementadas propostas de melhoria baseadas nos princípios e ferramentas da filosofia *Lean*, com o objetivo de:

1. Reduzir significativamente o tempo de mudança de formato na linha automática, através da aplicação estruturada da metodologia SMED;
2. Aumentar o OEE das linhas analisadas, mediante a identificação sistemática das principais perdas e a implementação de ações que minimizem paragens, quebras de performance e desperdícios;
3. Promover uma cultura de melhoria contínua na unidade industrial, estimulando a participação ativa das equipas operacionais e assegurando a sustentabilidade das iniciativas desenvolvidas;

Com isto, perspetiva-se uma melhoria do desempenho produtivo das linhas em análise, refletida no aumento do OEE, na redução de desperdícios e na utilização mais eficiente dos recursos humanos e máquinas. Para além dos ganhos imediatos de capacidade e produtividade, o estudo pretende reforçar a maturidade organizacional no domínio da melhoria contínua, assegurando a sustentabilidade das práticas implementadas e consolidando um modelo de gestão operacional alinhado com os princípios *Lean*.

## 1.3 Metodologia de Investigação

A definição da metodologia constitui um passo essencial para assegurar a consistência científica da investigação e a adequação dos métodos ao problema em estudo. Após o enquadramento da problemática e a clarificação dos objetivos, procedeu-se à revisão da literatura,

que forneceu a base teórica necessária para orientar a investigação. Em seguida, definiu-se a estratégia metodológica adotada, tendo-se optado pelo estudo de caso, amplamente reconhecido como uma abordagem adequada para a análise de fenômenos complexos em contextos reais [8].

Segundo [8], o estudo de caso constitui um inquérito empírico que permite analisar em profundidade um fenômeno contemporâneo, sobretudo quando os limites entre o fenômeno e o seu contexto não estão claramente definidos. Esta característica torna-se particularmente relevante em engenharia, onde os processos resultam da interação de múltiplos fatores técnicos, humanos e organizacionais que dificilmente poderiam ser isolados num ambiente experimental [9].

As principais vantagens desta metodologia residem na sua capacidade de reter a complexidade holística dos processos reais, recorrendo a múltiplas fontes de evidência, como documentos, entrevistas, observações e registos quantitativos, que são trianguladas de modo a aumentar a validade do estudo [8], [10]. Esta abordagem não se limita a uma função exploratória, mas pode igualmente assumir naturezas descritivas ou explicativas, respondendo a questões de investigação do tipo como e porquê [9].

A realização de um estudo de caso deve seguir um processo estruturado composto por cinco componentes fundamentais: (i) definição das questões de investigação; (ii) formulação de proposições orientadoras, quando aplicável; (iii) identificação clara da unidade de análise; (iv) estabelecimento da lógica de ligação entre os dados e as proposições; e (v) definição de critérios para interpretar as conclusões. Operacionalmente, este processo envolve ainda as etapas de preparação (seleção do caso e desenvolvimento do protocolo), recolha de evidência (usando diversas fontes), análise dos dados e relato estruturado dos resultados, assegurando transparência metodológica e rigor científico [8], [10].

No contexto deste estudo, esta metodologia permite analisar em profundidade as linhas de enchimento e embalamento da unidade industrial, compreender as causas das suas ineficiências e propor soluções adaptadas à realidade específica da unidade industrial. Simultaneamente, possibilita a construção de conhecimento transferível para situações análogas em engenharia, conciliando a consistência científica com a aplicabilidade prática.

## **1.4 Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada em oito capítulos.

O Capítulo 1 apresenta o enquadramento do problema, clarifica os objetivos de investigação e descreve a metodologia seguida.

O Capítulo 2 corresponde à revisão da literatura, onde são discutidos os fundamentos da filosofia *Lean* e apresentadas as principais ferramentas aplicadas no estudo. São igualmente introduzidos os *Key Performance Indicators* (KPIs), com destaque para o OEE, e analisados os diferentes tipos de *layouts* industriais.

O Capítulo 3 contextualiza a Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares, iniciando-se com uma análise global e nacional, seguida da descrição das principais etapas e desafios do processo industrial e do funcionamento das linhas de engarrafamento, que constituem o foco do estudo. O capítulo conclui-se com a apresentação de casos descritos na literatura relativos à aplicação de *Lean* na indústria alimentar.

O Capítulo 4 apresenta o enquadramento do estudo de caso, descrevendo o *Kaizen Institute*, a Empresa X e os fluxos produtivos da unidade industrial. São ainda caracterizadas as iniciativas de suporte ao projeto e explicitada a metodologia utilizada para a conceção, implementação e validação das soluções.

O Capítulo 5 incide sobre a primeira unidade de análise, a linha automática (Linha E). É caracterizado o seu funcionamento, analisada a situação inicial e descrita a aplicação da metodologia SMED, culminando na validação e implementação das melhorias propostas.

O Capítulo 6 aborda as linhas semi-automáticas (Linhas G e I), descrevendo a situação inicial e as propostas de melhoria desenvolvidas, com base em *Standard Work* na Linha G e em SSLP na Linha I, sendo posteriormente realizada a validação em ambas as linhas e a implementação apenas na Linha G.

O Capítulo 7 reúne e discute os resultados alcançados, procede à sua análise crítica, estabelece a relação com contributos da literatura e inclui ainda um subcapítulo dedicado à relevância do estudo de caso.

Por fim, o Capítulo 8 apresenta as principais conclusões, evidencia os contributos do trabalho, identifica as suas limitações e sugere recomendações para desenvolvimentos futuros.

## 1.5 Utilização de ferramentas de IA

No presente trabalho foi utilizada a ferramenta de inteligência artificial generativa *ChatGPT* (versão *GPT-5*, *OpenAI*). A sua aplicação restringiu-se exclusivamente a tarefas de apoio linguístico, designadamente revisão gramatical e ortográfica, substituição de sinónimos

com vista à redução de repetições, traduções e pontuais reformulações de frases para maior clareza e rigor textual. Todas as sugestões fornecidas pela ferramenta foram analisadas e validadas pela autora, mantendo-se a responsabilidade integral sobre o conteúdo final. A utilização desta tecnologia respeitou as normas institucionais de integridade académica, sendo sempre aplicada sob supervisão e com vista a assegurar a conformidade do texto produzido.

## FUNDAMENTOS LEAN E FERRAMENTAS

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que sustentam a presente dissertação, com foco na filosofia *Lean* e nos seus princípios orientadores. São descritas as principais ferramentas *Lean* aplicadas no estudo de caso, seguidas da análise de diferentes tipos de *layouts* industriais e da sua relevância para a eficiência produtiva. Por fim, é abordado o conceito de indicadores de desempenho (KPIs), com especial destaque para o OEE.

### 2.1 Origem do *Lean*

A filosofia *Lean* teve origem no Japão, no período pós-Segunda Guerra Mundial, marcado por uma grave crise económica e escassez de recursos. Perante um mercado interno reduzido e limitações de capital, as empresas japonesas foram obrigadas a repensar os seus métodos de produção para garantir a sobrevivência. A *Toyota*, ainda numa fase inicial da sua presença na indústria automóvel, desenvolveu um sistema produtivo assente na eliminação sistemática de desperdícios e na eficiência dos fluxos. Este modelo viria a consolidar-se como o *Toyota Production System*, dando origem à abordagem que mais tarde ficaria conhecida como *Lean* [11].

Inicialmente, a *Toyota* procurou inspiração no modelo fordista de produção em massa. Em 1950, Eiji Toyoda visitou a fábrica da *Ford* em *River Rouge* nos Estados Unidos e observou um sistema eficiente, baseado em linhas de montagem contínuas e grandes volumes, que reduzia custos por economias de escala [12]. Contudo, a realidade japonesa, marcada por baixos volumes de produção e elevada diversidade de produtos, inviabilizava a replicação direta desse modelo. Assim, Taiichi Ohno, engenheiro da *Toyota*, começou a desenvolver um sistema

próprio, o *TPS*, assente na flexibilidade, eliminação de desperdícios e produção alinhada à procura real [13].

A sua abordagem era simples: observar os problemas diretamente no *Gemba*, o local onde o trabalho acontece e onde é gerado valor, e resolvê-los da forma mais prática possível. Em vez de empurrar a produção com base em previsões, Ohno propôs que a produção fosse puxada conforme a procura real, o que permitia evitar excessos de *stock*. Ao mesmo tempo, defendeu que os trabalhadores deviam poder parar o processo sempre que detetassem um erro, de modo a assegurar a qualidade desde a origem [12].

O sistema é representado por dois grandes pilares: o *Just-in-Time*, que garante que se produz apenas o necessário e no momento certo; e o *Jidoka*, que dá às pessoas e às máquinas a capacidade de detetar problemas e parar o processo sempre que necessário. A estes juntam-se práticas como o sistema *Kanban*, um método visual de sinalização que controla a reposição de materiais com base na procura real, a produção em pequenos lotes e o conceito *pull system* inspirado também em práticas observadas nos supermercados norte-americanos, onde o reabastecimento se realizava de acordo com o consumo. O sistema foi ainda aperfeiçoado com a drástica redução dos tempos de mudança de ferramentas (*Single-Minute Exchange of Die – SMED*), desenvolvida em colaboração com Shigeo Shingo [13].

Para transmitir de forma estruturada e acessível os fundamentos do seu sistema produtivo, a *Toyota* recorre a uma metáfora visual sob a forma de uma casa. Na Figura 1, observa-se como esta representação ilustra a lógica do *TPS* como um conjunto integrado de princípios e práticas que se reforçam mutuamente. A estrutura assenta numa base sólida, apoiada por dois pilares centrais, e orienta-se para três grandes objetivos: qualidade elevada, redução de custos e prazos de entrega mais curtos. A fundação do sistema é garantida por elementos como o *heijunka*, que permite o nivelamento da produção através da gestão de pequenos lotes, e o *Standardized Work*, que assegura consistência na execução das tarefas e estabilidade operacional. No centro da casa está a melhoria contínua, *Kaizen*, que exige o envolvimento diário das equipas e uma liderança presente no terreno. A colaboração entre operadores e gestão é, assim, fundamental para identificar problemas, reduzir desperdícios e sustentar uma cultura de aprendizagem contínua.

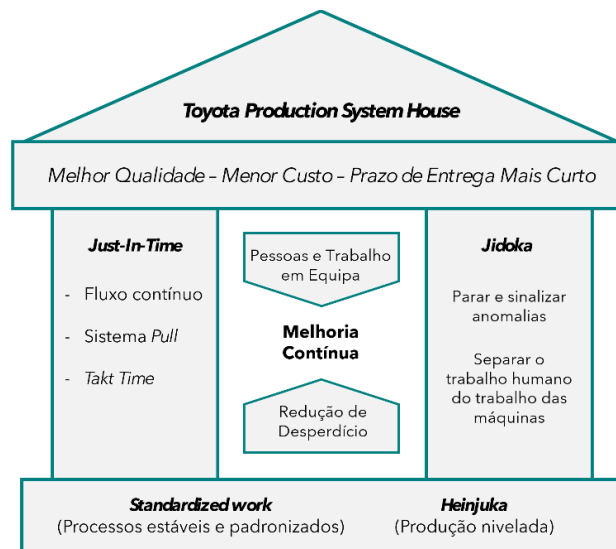


Figura 2.1 - A "Casa" (Adaptado de: [14])

### *Just-In-Time*

O princípio *Just-in-Time* (JIT) consiste em produzir e entregar apenas o que é necessário, na quantidade certa e no momento exato [14]. Esta abordagem surgiu como resposta à necessidade de reduzir inventários e alinhar a produção com a procura efetiva dos clientes. Para tal, a produção é estruturada de forma a fluir continuamente entre processos, com o mínimo de interrupções e acumulação de *stock*, sendo o seu ritmo definido pelo *takt time*, calculado pela Equação 2.1, que corresponde ao tempo disponível para produzir uma unidade com base na procura do cliente [12]. Um dos princípios chave deste pilar é o sistema *pull*, que representa uma inversão da lógica tradicional de produção *push*. Em vez de se produzir com base em previsões ou planos fixos, cada processo só produz quando a etapa seguinte sinaliza a necessidade, ou seja, a produção é ativada pela procura real e não por antecipação, o que permite evitar a sobreprodução [12], [14].

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Operacional\ Disponível\ num\ período\ de\ tempo}{Procura\ do\ Cliente\ no\ mesmo\ período\ de\ tempo} \quad (2.1)$$

### *Jidoka*

*Jidoka* é o segundo pilar do TPS e pode ser traduzido como “autonomação com um toque humano”. A sua origem remonta a *Sakichi Toyoda*, que desenvolveu teares automáticos capazes de parar assim que detetavam um defeito, o que possibilitou evitar desperdícios de materiais e de tempo [12].

No TPS, esta lógica foi estendida tanto a máquinas como a operadores, ou seja, sempre que há uma anomalia, o processo deve parar imediatamente, de modo a evitar que o erro se propague. A função das máquinas é identificar um desvio ao padrão e parar à espera de apoio.

Nos processos manuais, os operadores têm autonomia para parar a linha, analisar a situação e resolver o problema na origem [14]. Tal como referido por Liker, *“Every team member has the responsibility to stop the line every time they see something that is out of standard. That’s how we put the responsibility for quality in the hands of our team members”*. Ao dar às pessoas esta capacidade de ação, a *Toyota* assegura que a qualidade é construída ao longo do processo e não apenas verificada no final [12]. Assim, o sistema reduz o tempo perdido com retrabalho e reparações, promove a qualidade incorporada no processo e permite que os erros não se acumulem nem cheguem ao cliente [12].

Apesar dos seus êxitos, o TPS permaneceu durante décadas como uma prática interna da *Toyota*, pouco formalizada ou divulgada externamente. Apenas após a crise petrolífera de 1973, quando a superioridade do modelo japonês se tornou evidente na indústria automóvel global, o sistema começou a atrair a atenção internacional [13].

A formalização do conceito de *Lean* ocorreu em 1990 com a publicação da obra *The Machine That Changed the World*, da autoria de James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos [11]. O *Lean* defende uma produção “com metade do esforço, com metade do espaço, com metade do investimento e em metade do tempo”. Embora as suas origens estejam ligadas à indústria automóvel, a sua aplicação evoluiu ao longo do tempo e foi sendo progressivamente adaptada a outros contextos. Atualmente, os seus princípios são utilizados em setores como os serviços, a logística e a saúde, o que permite ganhos de eficiência em qualquer organização que pretenda melhorar os seus processos, reduzir desperdícios e potenciar o envolvimento das pessoas [15].

## 2.2 Princípios *Lean*

O pensamento *Lean* assenta em cinco princípios fundamentais que servem de guia para a eliminação de desperdícios e a maximização do valor entregue ao cliente. Estes princípios constituem uma base metodológica sólida para o redesenho de processos em qualquer setor.

### 1. Identificação de Valor

O primeiro princípio propõe que as organizações comecem por definir claramente o que é valor do ponto de vista do cliente final. Não se trata da perspetiva interna da empresa sobre o que é importante, mas sim daquilo que o cliente está verdadeiramente disposto a pagar. Esta definição de valor deve ser feita de forma precisa para cada produto ou serviço, numa lógica de segmentação, e serve de referência para todas as decisões subsequentes [16], [17].

## 2. Mapeamento do Fluxo de Valor

Uma vez definido o valor, o passo seguinte é mapear o *value stream*, ou seja, todas as etapas, tanto as de Valor Acrescentado (VA) como as de Não Valor Acrescentado (NVA), envolvidas na criação e entrega do produto ou serviço. Ao visualizar o fluxo completo, torna-se possível identificar atividades redundantes, duplicadas ou que simplesmente não contribuem para o valor final. Esta análise deve incluir tanto os fluxos físicos (materiais) como os de informação [17], [18].

## 3. Criação de um Fluxo Contínuo

Depois de eliminar os desperdícios identificados no fluxo de valor, o processo deve ser reconfigurado para que o trabalho flua de forma contínua, sem interrupções, filas ou tempos de espera. A criação deste fluxo é um desafio importante porque muitas organizações estão organizadas por departamentos funcionais, o que gera ruturas no processo. A proposta *Lean* é romper com essas barreiras e alinhar os processos em função do fluxo de valor [12], [17], [18].

## 4. Sistema Pull

Em vez de produzir com base em previsões ou empurrar produtos para o cliente, o *Lean* defende um sistema *pull*, onde a produção ou entrega de serviços é acionada pela procura real. Isto reduz drasticamente o risco de excesso de produção e de acumulação de inventário, e permite uma resposta mais ágil às necessidades do cliente [12], [17], [18].

## 5. Procura pela perfeição

O quinto e último princípio do pensamento *Lean*, a procura pela perfeição, remete para a melhoria contínua dos processos, onde é possível incutir uma cultura onde todos os membros da organização são incentivados a identificar falhas, propor melhorias e participar ativamente na melhoria das suas operações [17], [18].

Este princípio baseia-se na interação contínua entre os restantes, que funcionam ciclicamente: quanto mais rápido se faz o valor fluir, mais desperdícios ocultos (MUDA) se tornam visíveis, e quanto mais se puxa pela procura do cliente, mais barreiras ao fluxo são expostas e podem ser eliminadas. Assim, a perfeição deixa de parecer um ideal inatingível e passa a ser um objetivo prático que guia a organização na direção do seu verdadeiro norte [17].

## 2.3 MUDA, MURI e MURA

No contexto do *TPS* e da filosofia *Lean*, os desperdícios são classificados em três categorias fundamentais: MUDA, MURI e MURA. Estes três conceitos representam diferentes formas

de ineficiência que comprometem o fluxo de valor, o que origina um aumento de custos e tarefas com *lead time* superior ao necessário e, por isso, a sua identificação e eliminação são essenciais para a construção de um sistema produtivo eficiente e orientado para o cliente [19].

MUDA refere-se a qualquer atividade que consome tempo, recursos ou espaço sem acrescentar valor do ponto de vista do cliente. Tradicionalmente, identificam-se sete tipos de Muda apresentados na tabela 1.

Tabela 2.1 - 7 MUDAS ([19], [20], [21])

| MUDA                     | Definição                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produção em excesso      | Ocorre quando se produz mais ou mais cedo do que o necessário, o que resulta em acumulação de inventário e tende a ocultar outros problemas no processo, como desequilíbrios de capacidade ou planeamento inadequado.                                                                                             |
| Espera                   | Períodos de inatividade de operadores, máquinas ou materiais, normalmente causados por falhas de coordenação, atrasos no fornecimento ou avarias.                                                                                                                                                                 |
| Transporte desnecessário | Movimento excessivo de materiais ou produtos entre diferentes pontos do processo, muitas vezes devido a <i>layouts</i> ineficientes ou falta de planeamento logístico.                                                                                                                                            |
| Sobreprocessamento       | Execução de tarefas ou operações que excedem o necessário para satisfazer os requisitos do cliente. Inclui, por exemplo, a adição de componentes ou funcionalidades desnecessárias, a duplicação de etapas, ou controlos de qualidade excessivos. Estas ações não acrescentam valor do ponto de vista do cliente. |
| Excesso de Inventário    | Armazenamento de matérias-primas, produtos em curso ou acabados em quantidades superiores ao necessário, o que implica custos adicionais e risco de obsolescência.                                                                                                                                                |
| Movimentos Desnecessário | Deslocações físicas dos operadores que não acrescentam valor, como procurar ferramentas, componentes ou documentação, muitas vezes associadas a uma má organização do posto de trabalho.                                                                                                                          |
| Defeitos                 | Falhas de qualidade que exigem retrabalho, inspeção ou mesmo rejeição do produto, o que resulta em desperdício de tempo, materiais e esforço, além de comprometer a satisfação do cliente                                                                                                                         |

Já o conceito de MURI está relacionado com a sobrecarga de pessoas, equipamentos ou sistemas, ou seja, quando se exige mais do que aquilo que é razoável ou sustentável. Esta pressão excessiva conduz frequentemente a fadiga, falhas humanas, desgaste de máquinas e aumento do risco de acidentes ou erros. O MURI resulta frequentemente de uma má distribuição do trabalho, de processos não normalizados ou de variações abruptas na carga produtiva [19], [22].

Por fim, MURA refere-se à variabilidade ou irregularidade nos processos produtivos, especialmente no volume e ritmo de produção. Esta instabilidade, frequentemente causada

pela produção em grandes lotes, dificulta a resposta às flutuações da procura e leva à criação de inventário excessivo [19], [22].

Os três M's estão intrinsecamente interligados: a variabilidade (MURA) gera sobrecarga (MURI), e esta, por sua vez, origina desperdício (MUDA). Assim, para que a melhoria contínua seja verdadeiramente eficaz, é fundamental atuar não apenas sobre os desperdícios visíveis, mas também sobre as causas estruturais que os provocam [19].

## 2.4 Metodologia *Kaizen*

A metodologia *Kaizen* é um dos pilares da filosofia *Lean*, sendo reconhecida como uma abordagem estruturada de melhoria contínua, baseada na realização sistemática de pequenas mudanças que, ao longo do tempo, conduzem a melhorias significativas nos processos. O termo deriva da junção dos caracteres japoneses *kai* (mudança) e *zen* (melhor), sendo traduzido como “mudança para melhor”. Esta filosofia valoriza a aplicação de melhorias com baixo custo, desenvolvidas com base na observação direta no *Gemba*, na eliminação de desperdícios e no envolvimento ativo de todos os níveis da organização. Para além da vertente operacional, *Kaizen* incorpora também uma componente comportamental, ao promover mudanças incrementais que reduzem a resistência natural à mudança e facilitam a adoção de novos hábitos. Entre os seus princípios orientadores destacam-se: iniciar com ações simples, manter a consistência, basear decisões em factos, promover o trabalho em equipa e celebrar pequenos progressos. A sua aplicação contínua permite desenvolver uma cultura de responsabilização e disciplina e posiciona o *Kaizen* não apenas como uma técnica, mas como um modelo de gestão com impacto sustentado na performance organizacional [23], [24].

### 2.4.1 *Kaizen* Events

No âmbito desta abordagem, destaca-se a realização de *Kaizen Events*, também designados por *Workshops Kaizen*, são iniciativas estruturadas de curta duração, geralmente entre dois a cinco dias, dedicadas à melhoria de um processo específico. Estes eventos envolvem equipas multidisciplinares que se deslocam ao *Gemba* para observar o processo em detalhe, identificar desperdícios e implementar soluções práticas de forma imediata. A estrutura de um *Kaizen Event* inclui a recolha de dados, o mapeamento do estado atual, a definição do estado futuro desejado e a execução de alterações, que podem abranger o *layout* do posto de trabalho, a normalização de tarefas, a reorganização de fluxos ou a eliminação de etapas desnecessárias. Esta

abordagem visa obter melhorias mensuráveis com rapidez, como a redução de tempos de ciclo, de inventário ou de movimentações. Além disso, os resultados obtidos são normalmente consolidados através da normalização dos novos métodos de trabalho, o que assegura a estabilidade do processo após a intervenção [23], [25].

## 2.4.2 Reuniões de *Kaizen* Diário

O *Kaizen* Diário representa a materialização prática do princípio de melhoria contínua no chão de fábrica, sendo um sistema de rotinas que assegura disciplina operacional e uma resposta rápida a problemas. A sua primeira etapa corresponde à realização de reuniões curtas entre operadores e elementos da liderança diretamente no *Gemba*. Esta abordagem tem como objetivo promover a identificação sistemática de desvios, a definição de ações corretivas e a manutenção dos *standards* operacionais ao longo do tempo. As reuniões são normalmente acompanhadas por um quadro *Kaizen*, que funciona como uma ferramenta de gestão visual para registo de KPIs, anomalias detetadas, análises de causa-raiz e prazos de execução das ações definidas. A aplicação regular desta rotina permite não só reforçar o alinhamento entre equipas operacionais e lideranças, como também melhorar a capacidade de resposta a problemas do dia a dia. Para além dos ganhos operacionais, as reuniões de *Kaizen* Diário impactam positivamente na motivação e envolvimento dos colaboradores, ao fomentar a participação ativa na gestão do desempenho e na resolução de problemas [12], [23].

## 2.5 Ferramentas de Apoio

### 2.5.1 Ciclo *PDCA*

Originalmente desenvolvido na década de 1930 por Walter A. Shewhart e popularizado por W. Edwards Deming nos anos 1950, o ciclo *PDCA* foi concebido como uma ferramenta de controlo da qualidade, tendo evoluído para uma abordagem estruturada de resolução de problemas e aperfeiçoamento contínuo de processos [26]. O ciclo divide-se em quatro fases sequenciais:

(1) *Plan*, consiste na identificação detalhada do problema, na análise das suas causas com base em dados concretos e na definição de objetivos e planos de ação específicos para a sua resolução;

(2) *Do*, em que as ações planeadas são implementadas, preferencialmente em pequena escala, o que permite testar alterações num ambiente controlado;

(3) *Check*, os resultados obtidos são medidos e comparados com os objetivos estabelecidos, recorrendo a indicadores de desempenho que permitam verificar a eficácia das medidas adotadas;

(4) *Act*, procede-se à normalização das soluções eficazes, de modo a assegurar a sua integração nos processos regulares, ou, caso os resultados não tenham sido satisfatórios, reinicia-se o ciclo com base nas aprendizagens obtidas [26].

### 2.5.2 Diagrama de *Spaghetti*

Um Diagrama *spaghetti* é uma ferramenta visual que mostra o movimento físico de um “objeto de trabalho”, como um produto, um colaborador ou um cliente, ao longo dos processos de um *value stream*. A sua utilidade reside na capacidade de identificar movimentos que não acrescentam valor e que podem ser eliminados. Frequentemente, estes diagramas revelam uma complexidade inesperada nos fluxos, que, à semelhança de um prato de esparguete, mostra um emaranhado de caminhos sobrepostos e pouco eficientes, o que permite à equipa compreender visualmente os motivos de congestionamentos e excessos de movimentação. Para a sua criação, deve-se começar por identificar os pontos de início e fim do *value stream*, obter um *layout* gráfico da área analisada, e observar o fluxo real no *Gemba*. Os membros da equipa simulam o percurso do objeto de trabalho e desenham as rotas percorridas num mapa, utilizando linhas de diferentes cores. Esta representação permite à equipa visualizar o fluxo real e trabalhar em conjunto na definição de um fluxo futuro mais eficiente [27].

### 2.5.3 *Single-Minute Exchange of Die* (SMED)

A metodologia *SMED*, desenvolvida por Shigeo Shingo nos anos 1950 no Japão, surgiu da necessidade de aumentar a flexibilidade dos sistemas produtivos através da redução drástica dos tempos de *setup*. Esta abordagem é particularmente relevante num contexto de produção multiproduto, onde o objetivo é permitir trocas rápidas de ferramentas, favorecendo assim a produção em lotes menores, com menor inventário e maior capacidade de resposta ao mercado. O termo “*single-minute*” não significa necessariamente que o *setup* será feito em um minuto, mas sim que a troca de ferramentas de uma linha deve ser feita em menos de dez minutos [28].

O *setup* é definido como o conjunto de atividades de preparação e ajustamento que ocorrem antes e após a produção de um novo lote. Após o *setup*, ocorre o período de *run-up*, correspondente ao tempo necessário para a linha estabilizar o seu ritmo de produção, durante o qual podem ocorrer perdas de performance e qualidade [29].

Em muitas organizações, a estratégia tradicional para mitigar os efeitos do *setup* consiste em aumentar o tamanho dos lotes, de forma a diluir o impacto do tempo de *setup* no tempo total de produção. De facto, como demonstrado por Shingo, ao aumentar o lote de 100 para 1000 unidades, a proporção do tempo de *setup* relativamente ao tempo de produção pode cair de 100% para cerca de 33% [28]. A tabela 2 ilustra esse efeito.

Tabela 2.2 - Relação entre tempo de *setup* e tamanhos de lote (adaptado de [28])

| Tempo de <i>Setup</i> | Dimensão do Lote (uni) | Tempo de produção unitário | Tempo total de operação                                        | Rácio (%) |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 5 horas               | 100                    | 1 minuto                   | $1 \text{ min} + \frac{5 \times 60}{100} = 4 \text{ min}$      | 100%      |
| 5 horas               | 1000                   | 1 minuto                   | $1 \text{ min} + \frac{5 \times 60}{1000} = 1.3 \text{ min}$   | 33%       |
| 5 horas               | 10000                  | 1 minuto                   | $1 \text{ min} + \frac{5 \times 60}{10000} = 1.03 \text{ min}$ | 26%       |

Assim, com 5 horas de *setup*, a produção em grandes lotes parece ser uma solução eficaz para reduzir o impacto do tempo de *setup*. Contudo, esta abordagem conduz inevitavelmente a elevados custos de inventário, armazenamento, transporte, obsolescência e baixa rotação de capital [28].

No entanto, como argumenta Shingo, esta estratégica parte do pressuposto de que o *setup* é fixo e elevado. Ao aplicar a metodologia *SMED* e reduzir drasticamente o tempo de *setup*, torna-se possível produzir em lotes significativamente menores sem comprometer a eficiência [28].

A tabela 3 mostra que, com um tempo de *setup* reduzido para apenas 3 minutos, já não é necessário recorrer a grandes lotes para obter o mesmo tempo total por unidade. A produção passa a poder ser feita de acordo com a procura, com menores riscos, maior flexibilidade e menos desperdício [28].

Tabela 2.3 - Relação entre tempo reduzido de *setup* e tamanhos de lote (adaptado de [28])

| Tempo de <i>Setup</i> | Dimensão do Lote (uni) | Tempo de produção unitário | Tempo total de operação                              | Rácio (%) |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|-----------|
| 3 min                 | 100                    | 1 minuto                   | $1 \text{ min} + \frac{3}{100} = 1,03 \text{ min}$   | 100%      |
| 3 min                 | 1000                   | 1 minuto                   | $1 \text{ min} + \frac{3}{1000} = 1.003 \text{ min}$ | 97%       |

### 2.5.3.1 Fases da Metodologia SMED

A aplicação da metodologia SMED desenvolve-se em três fases principais, mas antes da sua implementação é essencial realizar uma observação detalhada do processo de *setup* tal como ele ocorre no estado atual, conforme ilustrado na Figura 2. Esta etapa preliminar tem como objetivo mapear todas as atividades envolvidas no tempo de *setup*, identificar os seus constituintes, observar os movimentos dos operadores, os equipamentos utilizados, os tempos associados a cada tarefa e quaisquer interrupções ou desperdícios existentes. Esta análise é a base para o redesenho do processo e permite compreender o que realmente acontece no terreno, sem pressupostos [30].

#### **Fase 1: Separar *setup* interno e externo**

Esta é a etapa mais importante da metodologia SMED. Consiste em distinguir claramente as atividades que exigem paragem da máquina (*setup* interno) das que podem ser feitas enquanto a máquina ainda está a funcionar (*setup* externo). Tarefas como a preparação de peças ou verificação de ferramentas não devem ser realizadas com a máquina parada, mas isso acontece com frequência. Ao tratar o máximo possível das tarefas como *setup* externo, é possível reduzir entre 30% a 50% o tempo em que a máquina permanece inativa [28], [31], [32].

#### **Fase 2: Converter *setup* interno em externo**

A segunda fase consiste em transformar o maior número possível de tarefas internas em externas. Para isso, é necessário reavaliar as tarefas, questionar pressupostos e abandonar hábitos antigos. Muitos passos são tratados como internos por tradição, mas podem ser antecipados. Por exemplo, componentes que só eram aquecidos após o início do *setup* podem ser pré-aquecidos, ou o alinhamento de peças pode ser feito antes da paragem da máquina. Esta mudança exige uma nova forma de olhar para o processo, com foco na função real de cada operação [28], [32].

#### **Fase 3: Melhorar todas as operações de *setup***

Mesmo após converter tarefas para *setup* externo, muitas vezes não se atinge ainda o tempo de troca ideal. Por isso, a última fase foca-se na melhoria contínua de todas as tarefas, tanto internas como externas. Cada tarefa deve ser analisada ao detalhe para ser simplificada, acelerada ou eliminada. Esta otimização pode passar por melhorias técnicas, como fixações rápidas, ferramentas dedicadas, eliminação de ajustes manuais ou execução paralela de tarefas [28].

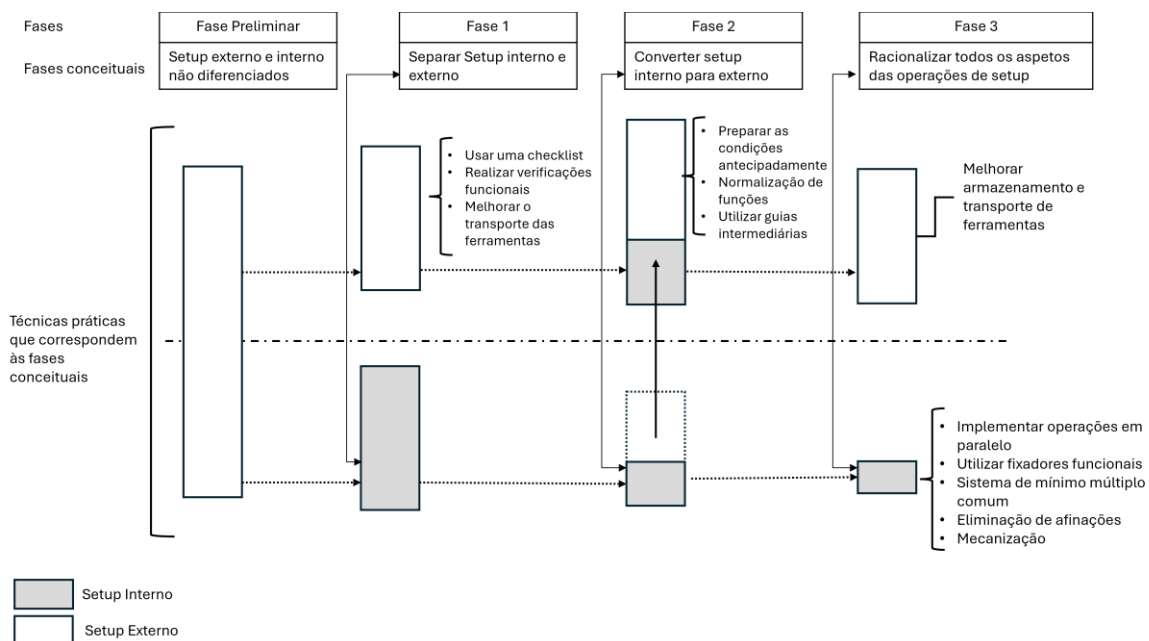


Figura 2.2 - SMED: Fases Conceituais e Técnicas (Adaptado de [33])

## 2.5.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, é uma ferramenta desenvolvida por *Kaoru Ishikawa* para auxiliar na identificação, análise e representação das possíveis causas de um problema. A sua estrutura gráfica assemelha-se a uma espinha de peixe, onde a “cabeça” representa o efeito ou problema a analisar e as “espinhas” principais representam as categorias de causas potenciais [34], [35].

Segundo *Ishikawa*, o diagrama organiza as causas em grupos lógicos, o que permite visualizar a relação entre fatores e identificar áreas prioritárias para investigação. Tradicionalmente, estas categorias incluem Máquinas, Materiais, Métodos, Mão de Obra, Medições e Meio Ambiente, embora possam ser adaptadas conforme o contexto do processo [34], [35].

A construção do diagrama inicia-se com a definição clara do problema e, em seguida, a equipa de trabalho realiza uma sessão de *brainstorming* para identificar todas as causas possíveis, classificando-as nas categorias estabelecidas. Esta abordagem sistemática facilita a deteção de causas-raiz e orienta a implementação de ações corretivas [34].

## 2.5.5 5 Whys

A técnica dos 5 *Whys* é um método de análise causal que visa identificar a origem de um problema através da formulação sucessiva da questão “porquê?”, até se atingir a causa-raiz. Esta abordagem evita a implementação de soluções superficiais e assegura que as

contramedidas eliminam o fator que efetivamente origina a anomalia. A aplicação requer disciplina lógica e não deve ser entendida como um exercício mecânico, dado que o número de perguntas pode variar em função da complexidade do problema. A sua eficácia reside na simplicidade e na capacidade de direcionar a equipa para a resolução definitiva, promovendo a eliminação das causas estruturais em vez do tratamento dos sintomas [23].

### 2.5.6 *Job Instruction*

O método *Job Instruction* surgiu no contexto do programa governamental norte-americano *Training Within Industry (TWI)*, desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial. Perante a escassez de mão de obra qualificada, que resultou na mobilização de milhões de homens para o esforço militar, as indústrias viram-se obrigadas a integrar rapidamente novos trabalhadores, muitos deles sem qualquer experiência prévia, incluindo um número significativo de mulheres. Para responder a este desafio, o governo dos EUA lançou o TWI, um programa nacional de formação destinado a aumentar a produtividade e garantir a qualidade na indústria [36].

O programa foi concebido para capacitar formadores internos e supervisores, com o objetivo de multiplicar o impacto da formação através de uma estrutura em cascata, onde cada formador treinava vários supervisores, que por sua vez formavam os seus operadores. Assim, o programa foi estruturado em quatro módulos principais: *Job Instruction*, centrado no ensino normalizado de tarefas operacionais com base num método de quatro etapas; *Job Methods*, focado na análise e melhoria dos métodos de trabalho; *Job Relations*, dedicado à gestão eficaz de equipas e resolução de problemas interpessoais; e o *Program Development*, orientado para a identificação de necessidades formativas e implementação de planos de formação ajustados à realidade de cada unidade produtiva [12], [37].

No pós-guerra, os materiais do TWI foram amplamente disseminados no Japão no contexto da ocupação e reconstrução do país, com o envio de especialistas em produção pelos Estados Unidos, com o objetivo de ensinar os princípios da produção moderna à indústria japonesa. A *Toyota*, em particular, integrou o *Job Instruction* no seu sistema de desenvolvimento de pessoas, reconhecendo-o como uma ferramenta fundamental para garantir a estabilidade dos processos e promover a polivalência dos colaboradores. Ao longo do tempo, a empresa manteve a essência do método e reforçou a sua aplicação prática no *Gemba* como parte do seu sistema de trabalho padrão [12], [37].

O *Job Instruction* assenta num guião chamado *Job Breakdown*, que detalha os passos da tarefa, os pontos-chave e as razões que os justificam. A formação realiza-se em quatro etapas: (1) preparação do colaborador e do ambiente de aprendizagem; (2) apresentação da tarefa, com demonstração passo a passo e explicação dos aspetos críticos; (3) prática guiada por parte do colaborador, com correção e reforço; e (4) seguimento e verificação no posto de trabalho, até à consolidação da competência. Este método permite reduzir a variabilidade na execução, diminuir o tempo de aprendizagem e melhorar a qualidade desde a primeira execução [36], [37].

### 2.5.7 *Standard Work*

O *Standard Work* é uma prática central no sistema de gestão da *Toyota*, que consiste na definição rigorosa da melhor forma conhecida de realizar determinada atividade, fundamentada na observação direta e na validação prática no terreno [12].

Este método assenta em três componentes fundamentais: o *takt time*, a sequência exata de atividades a executar, e a quantidade mínima de inventário em processo. Com base nestes elementos, define-se a combinação mais eficiente, naquele momento, de pessoas, materiais e equipamentos, que serve de guia para a execução diária do trabalho [12].

Em [37] é reforçado que a normalização, longe de ser um mecanismo de rigidez, é antes uma estratégia para estabilizar os processos, reduzir a variabilidade e criar um ambiente propício à melhoria sustentada dos resultados.

A construção do *Standard Work* implica uma decomposição cuidadosa da tarefa em etapas e pontos-chave. Inicialmente, é necessário identificar o *takt time* e mapear detalhadamente cada movimento do operador, através da observação direta da execução da tarefa. De seguida, deve-se agrupar os passos do trabalho em grandes etapas e destacar os pontos críticos que afetam a segurança, a qualidade ou a eficiência. Cada ponto-chave deve vir acompanhado da respetiva razão, para garantir que o operador compreende o seu propósito e importância. Com base nesta análise, é elaborado um documento de instrução que serve não só para formar os colaboradores, como também para normalizar a execução e detetar desvios. A figura 3, mostra como o método é consolidado através do ciclo *PDCA* e da formação (*Job Instruction*), e assegura que todos os operadores executam o trabalho da mesma forma até que se proponha uma melhoria que, uma vez testada e validada, será incorporada como novo *standard* [12].

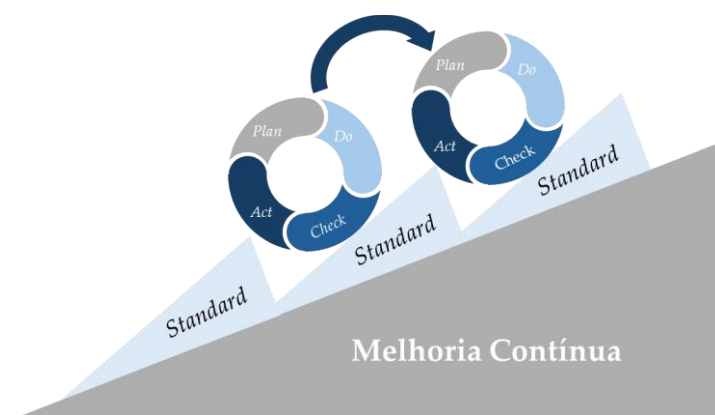


Figura 2.3 - Aplicação do ciclo PDCA no *Standard Work* (Adaptado de: [12])

Deste modo, a formalização de um *Standard Work* não só sustenta a eficiência operacional, como desempenha um papel crucial na integração de novos colaboradores, na promoção de um ambiente de trabalho seguro e na deteção atempada de desvios, o que permite criar condições adequadas para a resolução estruturada de problemas. Compete às lideranças garantir a aplicação rigorosa dos *standards*, mas também fomentar a sua revisão crítica e melhoria [37].

Esta normalização de tarefas pode ser representada visualmente de diferentes formas. De seguida, apresentam-se três métodos de representação.

#### 2.5.7.1 *Standard Operations Combination Chart*

Uma ferramenta utilizada para representar graficamente e identificar a forma mais eficiente de executar um procedimento é o *Standard Operations Combination Chart*. Este gráfico evidencia a relação entre operações manuais, automáticas e tempos de deslocação no contexto de um ciclo produtivo, permitindo a sua análise face ao *takt time*. No gráfico, o *takt time* é assinalado por uma linha vertical [38], [39].

As operações são listadas na ordem sequencial e os tempos registados de forma diferenciada: linha contínua para o tempo manual, linha descontínua para o tempo de máquina e linha ondulada ou diagonal para o tempo de deslocação. Quando atividades manuais e automáticas ocorrem em paralelo, estas são representadas de forma sobreposta [38], [39].

A análise do gráfico permite avaliar se um único operador consegue atender à célula ou se é necessária a alocação de mais recursos, ao comparar a soma do tempo manual e de deslocação com o *takt time*. Se o tempo de máquina exceder o tempo manual, o operador permanecerá em espera, facto que demonstra a existência de oportunidades de melhoria na combinação das operações. Quando o tempo total de ciclo, incluindo deslocações, ultrapassa o *takt*

*time*, é necessário reduzir tempos de execução ou de deslocação. Por outro lado, se o tempo total for inferior ao *takt time*, poderão ser atribuídas operações adicionais, o que garante um melhor balanceamento da linha [38].

A Figura 4 apresenta um exemplo de um *Standard Operations Combination Chart* e ilustra graficamente estas relações.

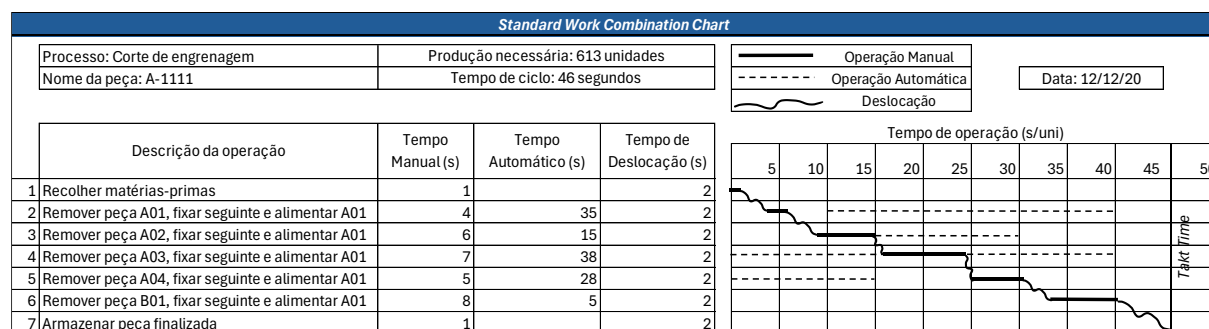


Figura 2.4 - *Standard Operations Combination Chart* (Adaptado de:[38])

### 2.5.7.2 *Standard Operations Chart*

Outra ferramenta destinada a representar a forma mais eficiente de executar um processo é o *Standard Operations Chart*, um gráfico visual que representa graficamente o processo dentro de uma célula de produção, com base na disposição física das máquinas e equipamentos [40]. Este instrumento inclui a sequência de trabalho, o tempo de ciclo, o *takt time*, o inventário padrão em processo e outros elementos essenciais relacionados com os *standards* operacionais definidos para aquela célula. A construção do *Standard Operations Chart* obedece a uma estrutura específica: começa-se por desenhar o *layout* das máquinas conforme a disposição real na célula ou linha, numerando-as de acordo com a sequência de operações. Estas são ligadas por uma linha contínua, e o percurso de retorno ao início é representado por uma linha tracejada, o que fecha o ciclo. Em seguida, são identificados os pontos de controlo de qualidade, os pontos de verificação de segurança, o inventário necessário, bem como o *takt time* e o tempo de ciclo. Por fim, o gráfico deve também indicar, através de códigos ou numeração, a repartição das tarefas entre os operadores de cada célula e o número total de operadores envolvidos [38].

A sua presença junto ao posto de trabalho assegura que os operadores têm acesso imediato à forma correta de executar a tarefa e reforça a estabilidade dos processos produtivos [38].

A Figura 5 apresenta um exemplo de um *Standard Operations Chart* e ilustra os principais elementos referidos.

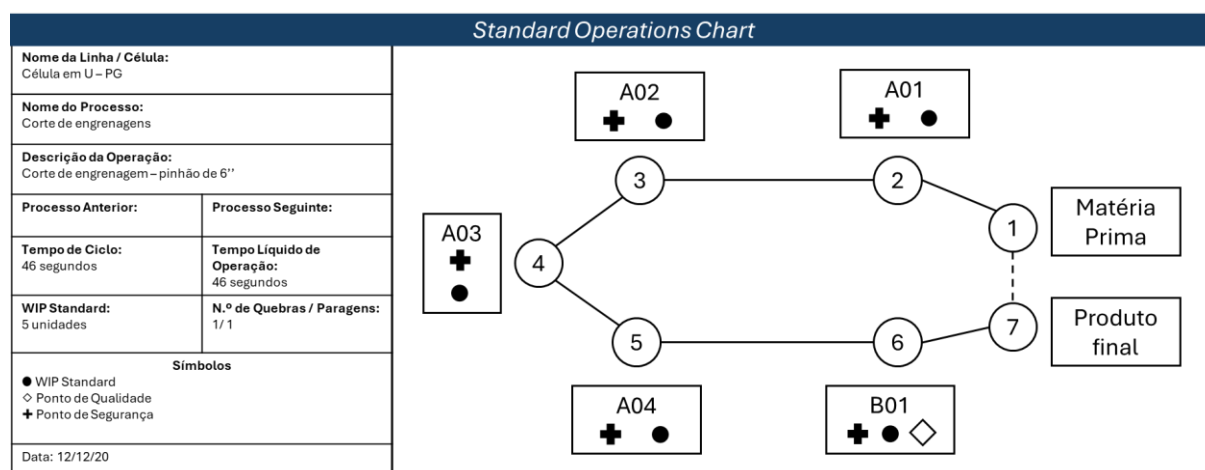


Figura 2.5 - *Standard Operations Chart* exemplo (Adaptado de: [38])

### 2.5.7.3 *Standard Work Instruction*

A estrutura de uma *Standard Work Instruction* deve assegurar a clareza, a objetividade e a operacionalidade necessárias para garantir a estabilização dos processos produtivos. Seguindo os princípios do método *Job Instruction* do *TWI*, a estrutura assenta em três componentes fundamentais: os passos principais, os pontos-chave e as razões associadas. Os passos principais descrevem as etapas sequenciais da tarefa e funcionam como marcos lógicos que permitem ao operador reconhecer o avanço na execução. Os pontos-chave, por sua vez, correspondem aos aspetos críticos que garantem que cada passo é executado corretamente, sem comprometer a segurança, a qualidade ou a eficiência, podendo incluir, por exemplo, a posição das mãos, a pressão aplicada ou a verificação de um parâmetro. Já as razões explicam por que motivo cada ponto-chave é importante e reforçam o entendimento do operador sobre os riscos e consequências associados à tarefa [12], [41].

Para além destes três elementos centrais, é recomendável que a instrução inclua também o tempo previsto por operação, a lista de ferramentas ou equipamentos necessários, e ainda elementos visuais como fotografias, diagramas ou símbolos. Estes suportes devem ser focados nos pontos-chave e ajudam o operador a identificar rapidamente os detalhes mais relevantes da tarefa. A disposição gráfica do documento deve assegurar a separação clara entre texto e imagem, de modo a tornar a leitura mais eficaz em ambientes produtivos.

Por fim, é essencial que a instrução esteja acessível junto ao posto de trabalho e que seja validada no terreno pelos próprios operadores, assegurando que reflete a prática real e que é exequível no contexto específico da linha ou célula onde será aplicada [41].

A Figura 6 apresenta um exemplo ilustrativo de uma Instrução de Trabalho e evidencia a sua organização gráfica e os elementos visuais que apoiam a execução correta da tarefa.

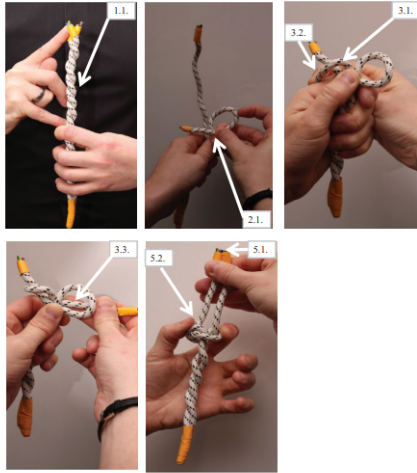
|                                                                                   |             |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Checked by:                                                                       | Prepared:   | Adam Smith   | Area                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Operation                         | Cycle Time C/T: | Date                                                                                                                                                                                                                           | Instruction Number                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                   | Production: | Adam Moore   | Prod                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Tying the Fire Underwriter's Knot | 28              | 06/01/2015                                                                                                                                                                                                                     | A/4/2015                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                   | Safety:     | James Jones  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                   | Quality:    | Louis Harris |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| Pictures                                                                          |             |              | Number<br><i>WHAT?</i><br><i>A logical segment of the operation when something happens to advance the work</i>                                                                                                                                                                                                                                                                             | Major steps                       | Time [s]        | Key points<br><i>HOW?</i><br><i>Anything in a step that might—<br/>1. Make or break the job<br/>2. Injure the worker<br/>3. Make the work easier to do, i.e., "knack," "trick," special timing, bit of special information</i> | Symbols                                                                                                                                                                                                                                                           | Reasons                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|                                                                                   |             |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>HOW?</i><br><i>Reasons for Key Points</i>                                                                                                                                                                                              |  |
|  |             |              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Untwist and straighten            | 8               | 1. About 6 inches                                                                                                                                                                                                              | <br>                                                                                        | 1a. Too long—must cut ends; too short—tie the knot again<br>1b. Enhances measurement of distance                                                                                                                                          |  |
|                                                                                   |             |              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Make a right loop                 | 2               | 1. In front                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                | 1. The knot will not tie correctly. If you don't pull the cable in the front, the knot will not tie in the last step                                                                                                                      |  |
|                                                                                   |             |              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Make a left loop                  | 4               | 1. Pulling end toward you<br>2. Under the stub<br>3. Behind the main strand                                                                                                                                                    | <br><br> | 1. It's easier to do the next motion<br>2. The knot will not tie correctly. You won't have a loop—the knot will get untied under pressure<br>3. Enhances remembering that next the cable has to be pulled by the right loop from the back |  |
|                                                                                   |             |              | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Put end through loop              | 3               |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|                                                                                   |             |              | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Pull taut                         | 11              | 1. Ends even<br>2. Sliding loops down<br>3. Firmly                                                                                                                                                                             | <br><br> | 1. The knot will tie evenly. Ends have to be even<br>2. So as to have the knot tied in the position you untied it at the beginning in the first major step<br>3. So it won't come apart                                                   |  |
| Materials: Wire set<br>Tools: None                                                |             |              | Symbols: Quality  Safety  Correctness  Tricks  |                                   |                 |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |  |

Figura 2.6 - Standard Work Instruction ([41])

## 2.5.8 Simplified Systematic Layout Planning

O método *Simplified Systematic layout Planning (SLP)*, desenvolvido por Richard Muther, propõe uma abordagem estruturada para a melhoria de *layouts* industriais, com o objetivo de reduzir o tempo e o custo de movimentação de materiais, a distância percorrida por operadores e produtos, o número de movimentações necessárias, a ocorrência de congestionamentos e a desorganização do fluxo de processos. Esta abordagem sistemática mostra-se particularmente útil quando é necessário considerar diversos fatores simultaneamente, como equipamentos, serviços auxiliares, fluxos de materiais, requisitos de espaço e restrições físicas. A sua versão simplificada, designada *Simplified Systematic layout Planning*, é especialmente adequada a espaços pequenos ou médios, como áreas de produção até 465 metros quadrados [42], [43].

O *SLP* está organizado em seis etapas fundamentais, que orientam o desenvolvimento e avaliação de alternativas de *layout* de forma progressiva. A primeira etapa consiste na construção de um quadro de relações (*Relationship Chart*), no qual se definem os graus de proximidade desejados entre diferentes áreas, postos ou atividades, com base em critérios como partilha de equipamentos, movimentação de materiais, partilha de pessoal ou fatores ambientais. Cada relação é classificada com uma letra (A, E, I, O, U, X), que representa diferentes níveis de

prioridade, e justificada através de códigos de motivo específicos [42], [44]. Os graus de proximidade encontram-se representados na Tabela 4.

Tabela 2.4 - Grau de Proximidade (Adaptado de [43])

| Valor | Grau de Proximidade      |
|-------|--------------------------|
| A     | Absolutamente necessário |
| E     | Especialmente importante |
| I     | Importante               |
| O     | Normal/Aceitável         |
| U     | Não Importante           |
| X     | Indesejável              |

Na segunda etapa, estabelece-se a necessidade de espaço para cada atividade, tendo em consideração a área atualmente utilizada, os níveis de utilização, eventuais projeções de crescimento e requisitos técnicos como ventilação, eletricidade, drenagem, ergonomia e segurança. Esta informação é organizada na ficha *Activities Area and Features Sheet*, onde também se especificam configurações particulares ou limitações de forma para cada zona [42], [45].

A terceira etapa envolve a representação gráfica das relações de proximidade sob a forma de um diagrama em rede. Neste diagrama, cada nó representa uma atividade e, utilizando linhas paralelas, as ligações entre os nós traduzem a intensidade da relação. Os relacionamentos indesejáveis (X) são indicados com linhas onduladas. A disposição dos nós é ajustada progressivamente de modo a minimizar a “tensão” entre as atividades mais relacionadas, aproximando-as entre si e afastando aquelas que devem permanecer separadas [42], [45].

A quarta etapa consiste no desenho preliminar dos *layouts*, nos quais se combinam os requisitos de área e as relações de proximidade num plano bidimensional. Este *layout* pode ser desenhado sobre grelha e escalado de acordo com as dimensões reais do espaço disponível, incluindo elementos como paredes, portas, colunas ou outras limitações físicas. O objetivo desta etapa é explorar diferentes possibilidades de arranjo físico com base nos dados recolhidos [42], [45].

Na quinta etapa procede-se à avaliação comparativa das alternativas de *layout*, através da definição de critérios específicos (como flexibilidade, segurança, custo ou eficiência do fluxo), aos quais se atribuem pesos relativos. Cada alternativa é classificada segundo os mesmos códigos de relação (A=4, E=3, I=2, O=1, U=0), sendo as pontuações ponderadas e totalizadas. A solução com maior pontuação é considerada a mais adequada [42].

Por fim, a sexta etapa consiste na elaboração do *layout* detalhado selecionado, no qual se representa com precisão a localização dos equipamentos, dos postos de trabalho, das

utilidades e dos serviços auxiliares. Este plano deve incluir todos os detalhes necessários para a implementação, como escalas, orientação, dimensões e elementos fixos da infraestrutura. Recomenda-se o envolvimento direto dos colaboradores das áreas envolvidas nesta fase, promovendo a validação prática do *layout* e a apropriação do plano por parte das equipas [42].

### 2.5.9 *Kamishibai*

O *Kamishibai* é um sistema de gestão visual desenvolvido no contexto do *Lean* com o objetivo de assegurar a execução disciplinada das tarefas, reforçar os *standards* operacionais e promover o controlo no *Gemba*. O termo tem origem numa prática tradicional japonesa de narração visual, utilizada originalmente por monges budistas, que exibiam imagens desenhadas em papel enquanto contavam histórias. Esta forma de comunicação sequencial inspirou a Toyota a adaptar o conceito ao ambiente industrial, transformando-o num sistema de auditorias visual destinado a garantir a sustentabilidade do trabalho normalizado e a evitar o regresso ao caos [46].

A estrutura do *Kamishibai* baseia-se num quadro com cartões que representam tarefas específicas de verificação. Estes cartões, normalmente codificados por cores e organizados por frequência (diária, semanal, mensal), são retirados do quadro e utilizados durante a auditoria no terreno. Cada um contém instruções claras sobre o que deve ser observado, o que permite ao auditor focar-se em aspetos concretos, sem margem para interpretação subjetiva. Após a auditoria, o cartão é devolvido com o lado verde visível se tudo estiver conforme o padrão, ou com o lado vermelho caso se detete alguma anomalia. Esta dinâmica cria um registo visual imediato das condições no local de trabalho e permite que qualquer pessoa consiga distinguir rapidamente o que está normal do que não está [46].

Mais do que uma simples *checklist*, o *Kamishibai* constitui um sistema de auditorias em camadas, envolvendo todos os níveis hierárquicos. Desde os operadores aos gestores, cada nível é responsável por verificações regulares, garantindo que todos têm visibilidade sobre o estado real do processo e participam ativamente na sua monitorização. Sempre que se deteta uma não conformidade representado por um cartão vermelho esta deve ser registada, atribuída a um responsável e analisada com recurso a ferramentas adequadas de resolução de problemas. A resposta ao desvio deve ser integrada nas rotinas diárias da operação, de modo a assegurar que as causas são eliminadas e que os problemas não se repetem, reforçando a ligação entre a liderança de proximidade e a estabilidade operacional no *Gemba* [46].

## 2.6 Layouts Industriais

Um *layout* corresponde à forma como os recursos físicos de uma linha de produção, como máquinas, postos de trabalho manuais, áreas de armazenagem e vias de circulação, são organizados no espaço disponível. Quando bem concebido, contribui para reduzir tempos de deslocação, minimizar movimentações desnecessárias, facilitar a supervisão e o controlo da produção, melhorar a ergonomia e assegurar condições de trabalho mais seguras e eficientes. Por outro lado, um *layout* inadequado pode provocar congestionamentos, desperdícios, acidentes de trabalho e dificuldades no balanceamento da linha [47], [48].

A escolha do *layout* mais adequado depende de fatores como o tipo de produto, o volume e a variedade da produção, o grau de repetibilidade das operações e o nível de flexibilidade requerido. Assim, é comum classificar os *layouts* em quatro categorias principais: *layout* por processo, por produto, por localização fixa e por família de produtos [47].

### 2.6.1 Layout por Processo

O *layout* por processo é caracterizado pela organização dos recursos produtivos em função da semelhança das operações, ou seja, cada área da fábrica fica dedicada a um tipo de processo específico. Este tipo de *layout* é comum em ambientes com elevada variedade de produtos e baixos volumes de produção. A movimentação de materiais entre departamentos é frequente e geralmente não segue percursos fixos, o que resulta em fluxos complexos e exigentes do ponto de vista logístico. A flexibilidade operacional é elevada, o que permite acomodar diferentes produtos com requisitos de processamento distintos. No entanto, este tipo de *layout* implica maiores tempos de movimentação, maior inventário em processo e mais dificuldade no controlo e coordenação das operações [47], [48].

### 2.6.2 Layout por Produto

O *layout* por produto organiza os postos de trabalho segundo a sequência de operações necessária à produção de um determinado item. Os recursos são dispostos em linha, promovendo um fluxo contínuo e previsível de materiais. Esta configuração é indicada para contextos com elevado volume e baixa variedade, como linhas de montagem automóvel ou de produtos eletrónicos padronizados. O *layout* por produto facilita o controlo da produção, reduz os tempos de ciclo e os inventários em processo. Por outro lado, apresenta uma rigidez

significativa porque pequenas interrupções ou variações no processo podem comprometer a linha completa, e a sua adaptação a novos produtos é limitada [47], [48].

### **2.6.3 Layout por Localização Fixa**

Neste tipo de *layout*, o produto permanece estacionário e os recursos necessários para a sua produção, como operadores, materiais, ferramentas e equipamentos, deslocam-se até ao local onde ele se encontra. Esta abordagem é utilizada quando o produto é demasiado grande, pesado ou complexo para ser movido durante a produção. É o caso típico de aviões, navios ou turbinas industriais. O planeamento detalhado é essencial para assegurar que os recursos certos estejam disponíveis no local certo, no momento certo. A coordenação das operações e a gestão de espaço tornam-se tarefas críticas, dadas as restrições físicas envolvidas [47], [48].

### **2.6.4 Layout por Família de Produtos**

O *layout* por família de produtos, também conhecido como *layout* celular, agrupa produtos com requisitos de processamento semelhantes. A produção celular consiste na organização de recursos, como máquinas, operadores, ferramentas e materiais, em células de produção autónomas, cada uma dedicada à produção de uma família específica de produtos. O objetivo principal é maximizar a eficiência interna da célula e reduzir a movimentação de materiais entre áreas distintas [47], [48].

Cada célula de produção é composta pelos recursos necessários à produção de uma dessas famílias, organizados de forma a permitir um fluxo eficiente e estável. A movimentação entre células é reduzida, uma vez que a maior parte das operações ocorre no interior da própria célula. Esta configuração é indicada para ambientes com volume e variedade intermédios, onde se pretende combinar eficiência e flexibilidade [47].

As células podem funcionar de forma desacoplada, com inventário entre operações, ou de forma integrada, com fluxo contínuo regulado por sistemas como o *kanban*. A implementação de células requer decisões cuidadosas sobre o número de operadores, balanceamento das tarefas, tipos de máquinas incluídas, localização dos equipamentos auxiliares e estratégia de controlo. A organização física das células tem implicações diretas na produtividade, na polivalência das equipas e na capacidade de resposta às variações da procura [47].

#### 2.6.4.1 Tipos de Células de Produção

Existem diversas formas possíveis de organizar os postos de trabalho, dependendo das características do processo e das restrições espaciais da instalação [47].

A configuração mais simples é a célula em linha reta, em que as estações de trabalho são dispostas numa sequência linear. Esta forma é adequada quando as operações seguem uma progressão lógica direta e os operadores não necessitam de circular entre estações. No entanto, tende a ocupar mais espaço e a limitar a flexibilidade dos operadores para executar múltiplas tarefas [47]. Como podemos ver na Figura 7, neste tipo de layout, cada operador é responsável por um ou mais postos de trabalho contíguos e executa tarefas consecutivas numa porção contínua da linha. Esta abordagem segmenta claramente as responsabilidades, mas dificulta o balanceamento eficiente do trabalho entre operadores.

Uma alternativa particularmente valorizada em ambientes *Lean* é a célula em U, onde o início e o fim da sequência de operações estão próximos. Esta configuração facilita a supervisão visual, permite que um operador desempenhe várias funções dentro da célula e contribui para o equilíbrio do trabalho [47]. Na Figura 7, a célula em U permite que os operadores se movimentem ao longo das duas pernas da célula, onde executam tarefas em diferentes pontos do processo. Por exemplo, o operador O-2 executa a Tarefa 3 na parte frontal da linha, desloca-se para a parte traseira para realizar a Tarefa 9 numa unidade distinta e, em seguida, regressa à frente da célula para iniciar um novo ciclo [49].

Esta flexibilidade permite uma distribuição mais equilibrada das tarefas e, consequentemente, uma redução do número de postos de trabalho necessários, em comparação com o *layout* linear tradicional, podendo traduzir-se num aumento significativo da produtividade do trabalho [49].

Existe ainda utilização as configurações em L ou em T, que são úteis para acomodar células em espaços com restrições arquitetónicas ou para organizar fluxos com ramificações ou convergências. Embora menos frequentes, estas formas cumprem o mesmo princípio fundamental: reduzir movimentos desnecessários e garantir a fluidez do processo dentro da célula [47].

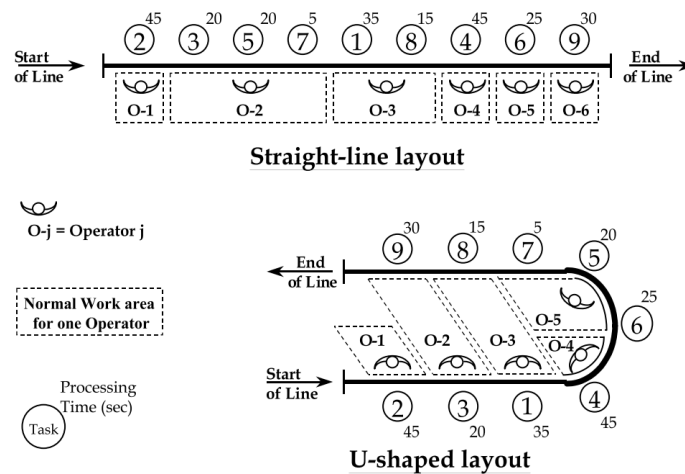


Figura 2.7 - Célula Linear e Célula em U ([49])

Na Figura 8, é possível visualizar exemplos representativos de cada tipo de *layout*.

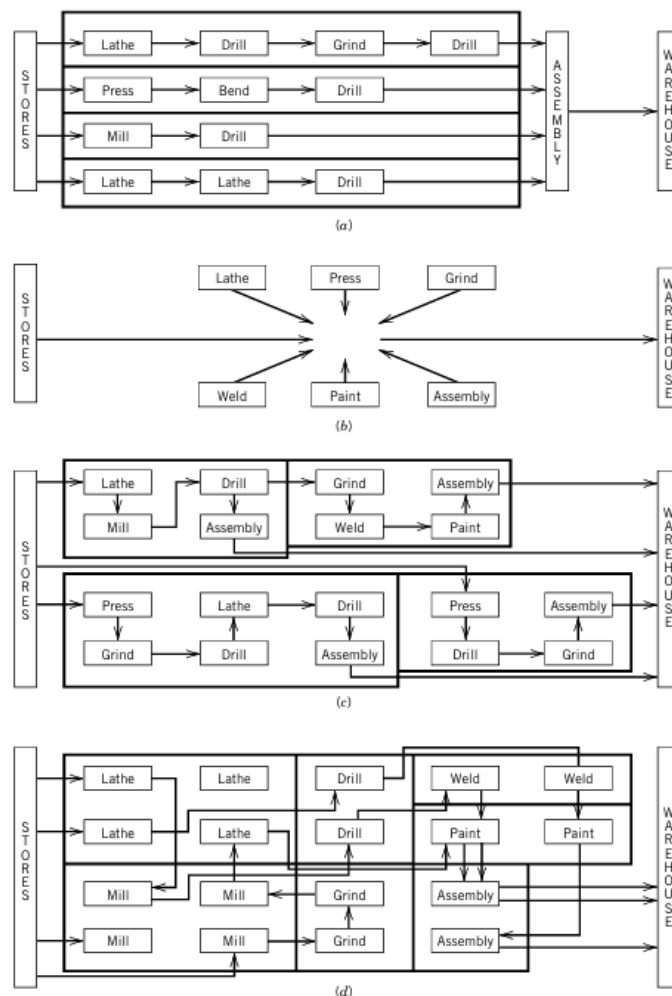


Figura 2.8 - (a) *layout* por produto (linha de produção), (b) *layout* por produto fixo, (c) *layout* por família de produtos (ou *layout* celular) e (d) *layout* por processo (ou funcional) [47]

## 2.7 Key Performance Indicators

Os *Key Performance Indicators* (KPIs) são métricas que permitem quantificar o progresso de uma organização face aos objetivos estratégicos definidos. Para além de suportarem a tomada de decisão, fornecem informação relevante em tempo útil e facilitam a intervenção atempada sobre os processos [50].

A utilização de *KPIs* é transversal a todos os setores de atividade, uma vez que estes indicadores podem ser ajustados aos fatores críticos de cada organização e adaptados à natureza específica dos seus objetivos. A sua flexibilidade permite que sejam aplicados tanto em contextos industriais como em entidades públicas ou prestadoras de serviço [50].

### 2.7.1 OEE

O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) surgiu no âmbito da filosofia de *Total Productive Maintenance* (TPM), desenvolvida por *Seiichi Nakajima* durante a década de 1980, no Japão, como resposta à necessidade de aumentar a eficiência dos equipamentos e reduzir perdas operacionais [51], [52]. O TPM propõe uma abordagem integrada à manutenção, centrada na participação ativa dos operadores e na colaboração entre áreas. Visa garantir que os equipamentos estejam sempre em condições ideais de funcionamento, através da prevenção de falhas, da eliminação de desperdícios e da sistematização de boas práticas [53].

Foi neste contexto que Nakajima introduziu o OEE como uma métrica quantitativa para avaliar o desempenho global de um equipamento. Pela sua estrutura simples e capacidade de sintetizar diferentes tipos de perdas num único indicador, rapidamente se tornou uma ferramenta amplamente adotada na indústria para detetar ineficiências, apoiar ações corretivas e comparar o desempenho entre máquinas, linhas ou fábricas [51].

O OEE é calculado através da multiplicação de três fatores principais: Disponibilidade, Performance e Qualidade. Cada um destes componentes corresponde a uma dimensão distinta da eficácia produtiva.

A Disponibilidade avalia a proporção do tempo em que o equipamento esteve efetivamente a produzir, tendo em conta o tempo em que deveria estar em operação. A fórmula é a seguinte:

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Operação}{Tempo\ Planeado\ de\ Produção} \times 100 \quad (2.2)$$

O Tempo Planeado de Produção refere-se ao período total em que o equipamento deveria estar a funcionar, excluindo paragens programadas (como manutenções preventivas ou pausas obrigatórias). O *tempo de operação* é obtido após descontar paragens não planeadas, como avarias ou *setups* prolongados [53].

A Performance mede a velocidade real do equipamento comparativamente à sua capacidade teórica. Este fator reflete perdas associadas a reduções de ritmo ou a microparagens. A fórmula pode ser apresentada de duas formas equivalentes:

$$Performance = \frac{(Tempo\ de\ ciclo \times Unidades\ Produzidas)}{Tempo\ de\ Operação} \times 100 \quad (2.3)$$

$$Performance = \frac{Unidades\ Produzidas}{Velocidade\ teórica \times Tempo\ de\ Operação} \times 100 \quad (2.4)$$

Este componente identifica ineficiências operacionais subtis que, apesar de não provocarem paragens totais, reduzem o *output* da máquina em relação ao seu potencial máximo [53].

A Qualidade representa a proporção de unidades produzidas que estão conformes com os padrões definidos, ou seja, livres de defeitos e sem necessidade de retrabalho. A sua fórmula é:

$$Qualidade = \frac{Unidades\ Conformes}{Total\ de\ Unidades\ Produzidas} \times 100 \quad (2.5)$$

Este fator evidencia as perdas associadas a produtos rejeitados, quer durante o arranque do equipamento, quer durante o processo produtivo estável [53].

Assim, a fórmula completa do OEE é:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (2.6)$$

Este valor fornece uma visão global e integrada da eficácia de um equipamento e possibilita a quantificação objetiva da diferença entre a capacidade teórica e a produção efetiva [51].

Para além da sua estrutura tripartida, o *OEE* está intimamente ligado ao conceito das Seis Grandes Perdas (*Six Big Losses*), sistematizado também por Nakajima, que agrupam as principais causas de ineficiência nas operações industriais [52], [53]. Estas perdas estão organizadas segundo o tipo de impacto que exercem sobre os três componentes do *OEE*:

1. Avarias inesperadas – paragens não planeadas devido a falhas técnicas, que afetam diretamente a disponibilidade;
2. *Setups* e ajustes – tempo necessário para trocar ferramentas, calibrar máquinas ou configurar novos produtos, também afeta a disponibilidade;
3. Paragens menores e ociosidade – interrupções breves, muitas vezes ignoradas ou difíceis de registar manualmente, que reduzem a performance;
4. Velocidade reduzida – funcionamento abaixo da capacidade nominal devido a desgaste, variabilidade de matérias-primas ou má utilização do equipamento;
5. Defeitos de processo – unidades rejeitadas ou retrabalhadas por não cumprirem os requisitos de qualidade;
6. Perdas no arranque – defeitos produzidos até à estabilização do processo após uma paragem, mudança de turno ou início de turno.

Estas seis categorias de perda foram concebidas para tornar visíveis as ineficiências ocultas que comprometem a produtividade dos equipamentos e, por consequência, a competitividade das organizações. Ao quantificar essas perdas através do *OEE*, é possível priorizar iniciativas de melhoria e alinhar estratégias de manutenção com os objetivos da produção [51], [52].

Por fim, importa referir que, embora o valor de referência internacional para o *OEE* seja de 85%, considerado *world-class*, vários estudos sugerem que este objetivo deve ser interpretado à luz das especificidades de cada setor, grau de automação e complexidade dos processos envolvidos [51], [53].



## INDÚSTRIA ÓLEOS E GORDURAS ALIMENTARES

Este capítulo tem como objetivo contextualizar a Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares e demonstrar a sua relevância no panorama económico. Adicionalmente, caracterizam-se as principais etapas e desafios do processo industrial e descreve-se o funcionamento das linhas de engarrafamento, uma vez que constituem o foco do estudo. Por fim, são explorados exemplos descritos na literatura da aplicação de ferramentas *Lean* na Indústria Alimentar, evidenciando como esta filosofia surge como resposta aos principais problemas do setor.

### 3.1 Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares

A indústria de óleos e gorduras alimentares ocupa uma posição central na cadeia agro-alimentar global, essencial tanto para o consumo humano como para diversas aplicações industriais, como a cosmética, farmacêutica e produção de biocombustíveis. Historicamente centrada no uso de azeite e gorduras animais, a produção evoluiu com a industrialização e a introdução de métodos de extração em larga escala, incorporando óleos vegetais como os de palma, soja, colza e girassol, atualmente os mais produzidos a nível mundial [54].

Como ilustrado no gráfico da Figura 9, a produção global de óleos e gorduras atingiu cerca de 259 milhões de toneladas em 2023/24, impulsionada pelo crescimento populacional e pela diversificação das suas aplicações, que abrangem a indústria alimentar, com a fritura, panificação, confeitaria e molhos, bem como aplicações industriais e energéticas em setores não alimentares. Entre os principais países produtores destacam-se a Indonésia e a Malásia (óleo de palma), o Brasil e os Estados Unidos (óleo de soja) e a Ucrânia (óleo de girassol) [3].

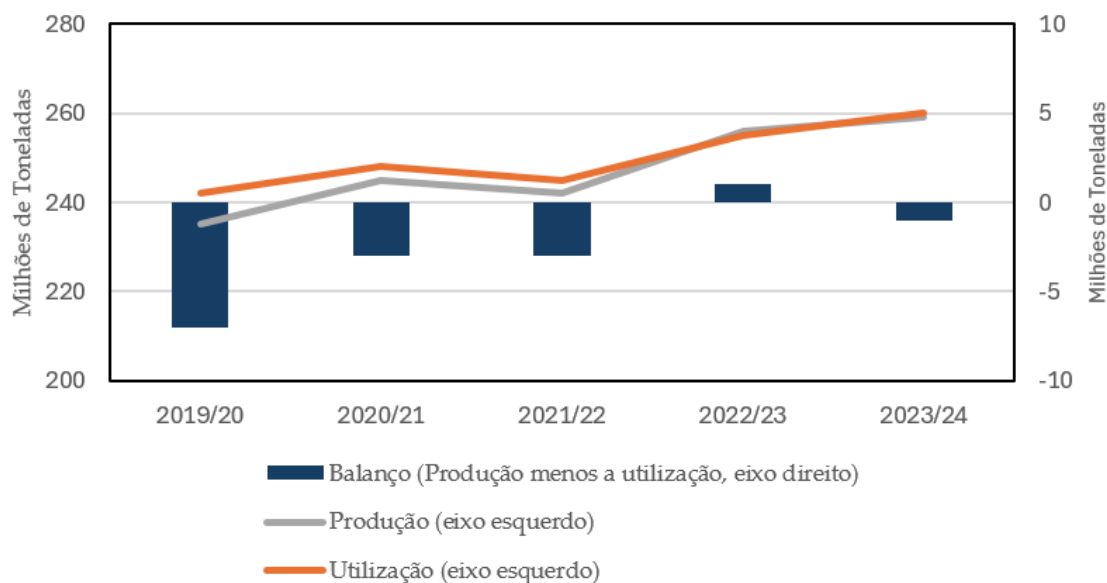


Figura 3.1 - Evolução da produção, utilização e balanço global de óleos e gorduras alimentares no período de 2019/20 a 2023/24 (em milhões de toneladas)

Na Europa, embora os óleos e gorduras não estejam entre os quatro principais subsetores em volume de negócios da indústria alimentar, representam um nicho importante. Em 2023, as exportações intra e extra-UE totalizaram 11,1 mil milhões de euros, enquanto as importações atingiram 21,6 mil milhões, evidência da forte dependência externa em matérias-primas, como o óleo de palma (Indonésia e Malásia), o de girassol (Ucrânia) e o de soja (América do Sul) [55]. A colza continua a ser a principal cultura oleaginosa cultivada na União Europeia, sendo amplamente utilizada para produção de óleo alimentar e, até recentemente, também para biodiesel. No entanto, prevê-se uma ligeira diminuição da área cultivada com oleaginosas até 2035, devido à pressão ambiental e à concorrência com outras culturas. No que toca ao consumo *per capita*, varia significativamente entre regiões e, na União Europeia, projeta-se uma ligeira redução nos próximos anos, com o decréscimo no uso de óleos vegetais para biocombustíveis e uma estabilização do consumo alimentar direto [56].

A nível laboral, a indústria alimentar é o maior empregador industrial da Europa, com cerca de 4,7 milhões de trabalhadores em 2023. No entanto, o setor alimentar enfrenta dificuldades estruturais ao nível da mão de obra, como a escassez de profissionais qualificados, o envelhecimento da força de trabalho e a dificuldade em atrair talento jovem. Estes desafios afetam a modernização da indústria de óleos e gorduras, que depende cada vez mais de competências técnicas para operar equipamentos de refinação e garantir controlo de qualidade. A

transição para processos mais sustentáveis e automatizados exige, assim, não só investimento tecnológico, mas também na qualificação dos recursos humanos [55].

## **3.2 Indústria de Óleos e Gorduras Alimentares em Portugal**

Depois de caracterizar o setor a nível global e europeu, importa agora analisar o contexto português. Neste cenário, o azeite assume particular destaque, não só como um dos produtos mais emblemáticos da agricultura nacional, mas também como motor das exportações agroalimentares. A indústria de óleos e gorduras alimentares em Portugal tem registado uma evolução muito positiva nas últimas décadas e, atualmente, o país ocupa a 3.<sup>a</sup> posição entre os maiores exportadores mundiais de azeite virgem extra, resultado das condições edafoclimáticas e da forte tradição olivícola [57].

Em 2022, as exportações portuguesas de azeite ascenderam a 732 milhões de euros, representando cerca de 8% do total das exportações agroalimentares. Já em 2023, a produção nacional atingiu 1,76 milhões de hectolitros, o equivalente a 5% da produção mundial, colocando Portugal como 6.<sup>o</sup> maior produtor mundial de azeite [58]. O Alentejo destaca-se como a principal região produtora, concentrando 82% da produção nacional, impulsionado pelo regadio do Alqueva e pela adoção de sistemas intensivos e super-intensivos de olival [57].

A produção de azeite está fortemente orientada para a exportação. Em 2023, Portugal exportou quase 2 milhões de hectolitros de azeite, apesar de ainda importar mais de 1 milhão para fazer face a mercados terceiros. Em termos de autossuficiência, o país apresenta um grau de autoaprovisionamento de 199% no azeite, o que reflete a sua capacidade de excedente e competitividade internacional [58].

Por outro lado, no segmento dos óleos vegetais refinados, como óleo de girassol, soja, palma ou colza, a situação é distinta. A produção nacional é limitada, com forte dependência de importações. Em 2023, o grau de autoaprovisionamento foi de 60% considerando o azeite, mas cai drasticamente para 6% quando excluído o azeite e considerada apenas a produção de óleo de girassol e similares. O país importou cerca de 92 mil toneladas de óleo de girassol e 47 mil de óleo de palma, enquanto as exportações foram significativamente mais modestas [58].

A cadeia de valor deste setor abrange desde o cultivo da azeitona e das oleaginosas (girassol, colza) até à transformação industrial, engarrafamento e comercialização, sendo fortemente dinamizada por grandes operadores e cooperativas, com presença crescente de marcas portuguesas nos mercados externos.

Assim, o setor de óleos e gorduras alimentares em Portugal apresenta uma dupla realidade, por um lado, o sucesso do azeite, com forte modernização, elevada produtividade e forte presença nos mercados externos; por outro, a fragilidade na produção de outras oleaginosas e óleos vegetais refinados, ainda dependentes de matéria-prima externa e com desafios estruturais de competitividade.

Neste contexto, sendo Portugal um dos maiores exportadores mundiais de azeite, torna-se essencial que as empresas atuem com elevados níveis de eficiência, de modo a responder às exigências dos mercados internacionais e a consolidar a posição alcançada.

### **3.3 Etapas e Desafios do Processo Industrial de Produção de Óleos e Gorduras Alimentares**

O processamento de óleos e gorduras envolve diversas etapas industriais, entre as quais se destacam a refinação e a filtração, essenciais para tornar o produto adequado ao consumo. A refinação pode ser realizada por via química ou física e integra operações como a desgomação, o branqueamento e a desodorização, responsáveis pela remoção de impurezas, odores e pigmentos. Embora indispensáveis para garantir estabilidade e segurança, estas etapas, quando não rigorosamente controladas, podem originar perdas de compostos nutricionais e subprodutos indesejáveis, comprometendo a qualidade final do produto [54].

Concluída a refinação ou filtração, inicia-se a fase de enchimento e embalagem, realizada em linhas de engarrafamento compostas por vários equipamentos interligados. O desempenho destas linhas é condicionado por diferentes desafios operacionais, como falhas no fecho, enchimentos fora do nominal ou embalagens defeituosas, que originam rejeições de qualidade e desperdício de produto acabado, muitas vezes associados a não conformidades legais. Os *setups* e as afinações constituem também pontos críticos, uma vez que resultam em perdas decorrentes de derrames, enchimentos instáveis e sucessivos ajustes até à estabilização da linha [59]. A estes fatores acresce ainda o tempo dedicado a limpezas periódicas, inevitáveis pela natureza desta indústria e responsáveis por reduzir a disponibilidade efetiva das linhas.

Deste modo, apesar de indispensáveis, as operações de refinação, filtração, enchimento e embalagem representam pontos críticos onde se concentram desperdícios, tanto de tempo como de produto. A sua mitigação exige a adoção de metodologias capazes de reduzir perdas, estabilizar processos e aumentar a produção efetiva, conciliando a eficiência com as exigências de segurança próprias deste setor.

### 3.3.1 Linhas de Engarrafamento

Tendo em conta a relevância da etapa de enchimento e embalagem no contexto do presente estudo de caso, importa compreender em detalhe o funcionamento das linhas de engarrafamento.

Deste modo, estas linhas são sistemas de produção contínua baseados na movimentação sequencial e sincronizada de embalagens ao longo de diferentes estações de processamento. O seu funcionamento assenta na integração de equipamentos especializados organizados de forma linear ou em módulos interligados, cuja coordenação garante a estabilidade do fluxo e a maximização do *throughput* [60]. A estrutura típica da linha compreende operações de alimentação, preparação de embalagem, enchimento, fecho, rotulagem e embalagem secundária. Entre estas operações são intercalados acumuladores (*buffers*), cuja função é desacoplar parcialmente as máquinas e mitigar os efeitos de paragens curtas ou desvios de cadência [61]. A Figura 11 apresenta um exemplo de uma linha de engarrafamento, no qual se mostra a sequência das principais operações.

A eficiência operacional de uma linha está intrinsecamente ligada à sua capacidade de manter o fluxo contínuo de unidades sem interrupções. Para isso, a gestão de estados de *starving* (situação em que uma máquina fica parada por não receber produto da máquina anterior) e *blocking* (situação em que uma máquina é forçada a parar porque não consegue descarregar o seu *output* para a máquina seguinte) torna-se crítica. Estes fenómenos resultam frequentemente da ausência ou subdimensionamento de *buffers*, cuja função é armazenar temporariamente produto intermédio e absorver variações de disponibilidade entre máquinas adjacentes. A literatura indica que a correta alocação e dimensionamento de *buffers* deve ser feita com base em parâmetros de fiabilidade dos equipamentos, nomeadamente o *MTTR* (*Mean Time to Repair*) e o *MTTF* (*Mean Time to Failure*), sendo que, quanto maior a taxa de falha ou o tempo médio de reparação, maior deverá ser a capacidade do *buffer* para garantir a continuidade do sistema [61].

Em contextos produtivos automatizados, a cadência das máquinas é controlada por controladores programáveis, que ajustam dinamicamente os ritmos de acordo com a procura a jusante e o estado dos *buffers* a montante [61]. Ainda assim, o sistema está sujeito a perdas que impactam o desempenho global, nomeadamente indisponibilidades não planeadas, variações de velocidade e rejeições de qualidade, que são formalizadas no indicador *OEE*. A utilização do *OEE* como indicador permite segmentar as perdas e identificar quais as componentes mais críticas [61].

Mesmo com *buffers* bem dimensionados, o desempenho de uma linha de engarrafamento é limitado pelo seu *bottleneck*, ou seja, o ponto com menor capacidade de processamento, que define o *throughput* máximo possível. Este gargalo pode ser estrutural ou resultar de falhas intermitentes, e a sua identificação é essencial para direcionar melhorias. Para garantir estabilidade no fluxo, as restantes máquinas devem operar a uma velocidade ligeiramente superior à do *bottleneck*, de forma a evitar estados de *starving* e *blocking* a jusante e a montante, respetivamente. Este desfasamento permite que o gargalo funcione de forma contínua e garanta o melhor aproveitamento do sistema [60], [61].

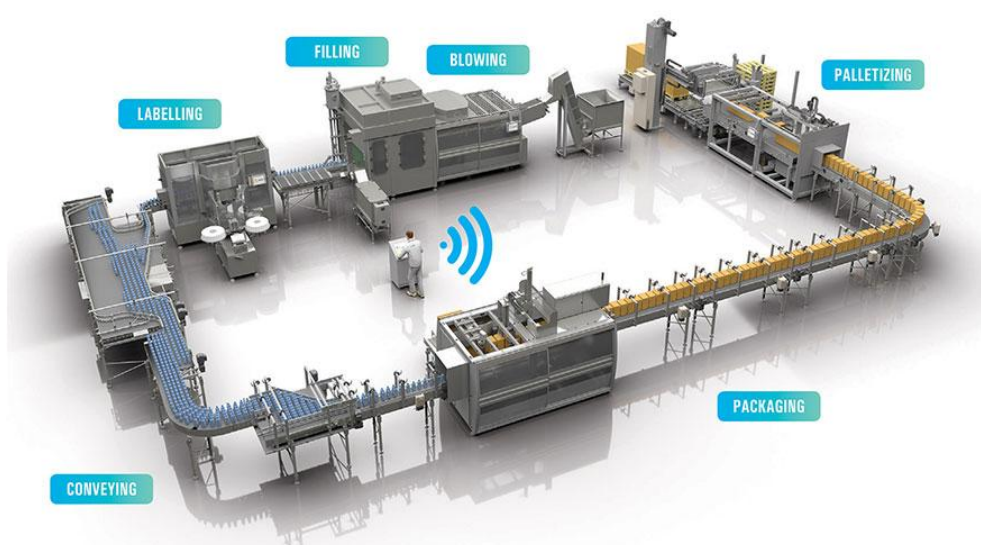


Figura 3.2 - Linha de Engarrafamento (Fonte: [62])

### 3.4 *Lean* na Indústria Alimentar

Na indústria alimentar, os desafios do embalamento, a variabilidade dos processos e as exigências de qualidade e segurança tornam o setor particularmente vulnerável a desperdícios operacionais, que ainda representam uma fatia relevante dos custos. Neste contexto, a filosofia *Lean* assume especial relevância, tendo a sua aplicação demonstrado impactos consistentes na melhoria do desempenho produtivo e da competitividade das organizações.

Em particular, uma revisão sistemática recente evidenciou que a aplicação do *Lean Manufacturing* neste setor tem gerado impactos positivos relevantes, ao possibilitar a redução de *lead times*, a eliminação de perdas, a melhoria da flexibilidade e o aumento da competitividade. Segundo essa revisão, ferramentas como 5S, *Value Stream Mapping* (VSM), *SMED*, *TPM*, *Kaizen* e *Systematic layout Planning* (SLP) são as mais recorrentes na indústria alimentar, destacando-

se pela sua simplicidade, baixo custo de implementação e resultados expressivos, em alguns casos, com reduções de *setup* de até 70%, aumentos de *OEE* superiores a 90% e uma diminuição dos movimentos dos trabalhadores em cerca de 26% [63].

De seguida, apresentam-se alguns estudos relevantes neste setor, incidindo sobretudo em indústrias de bebidas e outros líquidos, dada a sua semelhança com os processos de enchimento e embalamento de óleos e azeite.

Na Irlanda, uma multinacional do setor de bebidas aplicou a metodologia *Lean* para melhorar o desempenho de uma linha de enchimento de líquidos, cujo *OEE* se encontrava significativamente abaixo da meta global de 50%. Um dos principais focos do projeto foi a redução dos tempos de *setup*, que representavam cerca de 40% das perdas totais. Para isso, foi implementada a metodologia SMED, que se iniciou com um mapeamento detalhado das atividades realizadas durante a troca de produto. Cada tarefa foi cronometrada e classificada como atividade interna, externa ou possível de ser simplificada. Com base nessa análise, diversas tarefas internas foram convertidas em externas, e outras foram otimizadas através de ferramentas como 5S e redesenho de ferramentas. Adicionalmente, foram instalados medidores de gravidade específica em linha, que eliminaram a necessidade de amostragem manual e permitiram retomar a produção assim que os parâmetros estivessem estabilizados. Esta ação resultou numa redução de 10 minutos por troca. O projeto também integrou sensores de condutividade para otimizar os ciclos de lavagem, o que permitiu reduzi-los em cerca de 4 minutos por ciclo e poupar 7.500 litros semanais de solução cáustica. No total, as intervenções permitiram reduzir o tempo de *setup* em 16 minutos e aumentar o *OEE* de 44,4% para mais de 50%, o que representa uma aproximação à meta definida pela organização [64].

No Peru, uma empresa de bebidas alcoólicas e não alcoólicas implementou a metodologia SMED com o objetivo de reduzir o tempo de troca de produto na linha de rotulagem, uma das principais fontes de ineficiência no processo. A análise inicial revelou que o *setup* demorava, em média, 42 minutos, o que impactava negativamente a capacidade produtiva, sobretudo em contextos de alta rotação. Através do SMED, as atividades foram cronometradas, classificadas como internas ou externas e reorganizadas. Várias tarefas internas, como a calibração do laser de deteção e o ajuste dos alinhadores, foram convertidas em externas com o auxílio de marcações visuais e procedimentos normalizados. Foi ainda desenvolvido um guia de paragem segura e rápida, treinada toda a equipa para garantir consistência, e reorganizadas as ferramentas para preparação prévia fora da máquina. Com estas intervenções, o tempo de *setup* diminuiu para 16 minutos, os defeitos durante o processo foram reduzidos em 42,2%

(nomeadamente erros de rotulagem e garrafas mal seladas), e a produção aumentou de 60 para 80 caixas de 12 unidades por ciclo, o que reflete numa melhoria significativa na eficiência global da operação [65].

Em Portugal, uma empresa de bebidas alcoólicas e não alcoólicas aplicou a metodologia *SMED* numa das suas linhas de enchimento de garrafas de vidro, com o objetivo de reduzir os tempos de *setup* e aumentar a flexibilidade da produção. A linha operava com 14 máquinas e realizava cerca de 15 trocas de produto por mês, envolvendo diferentes formatos e sabores. A análise inicial revelou ausência de procedimentos normalizados, variações entre operadores na execução das trocas, falta de formação, ferramentas desorganizadas e dificuldades frequentes nos ajustes de equipamento. Após uma observação detalhada, as tarefas foram classificadas em internas e externas e várias foram convertidas para execução com a máquina ainda em operação, como a preparação de ferramentas e a lubrificação. Na fase de simplificação, foram implementadas melhorias como a execução de tarefas em paralelo, utilização de suportes móveis dedicados, parafusos de fixação rápida e reforço da gestão visual. Como resultado, o tempo de *setup* foi reduzido em 21% na máquina de sopro e 37% na rotuladora, com um impacto económico estimado em 35000 euros por ano. Para além dos ganhos de tempo, a intervenção permitiu normalizar os métodos de trabalho, aumentar o envolvimento dos operadores e consolidar uma cultura de melhoria contínua na organização [66].

No Peru, uma PME do setor de bebidas não alcoólicas enfrentava um elevado índice de incumprimento nos prazos de entrega, com cerca de 46,3% dos pedidos a serem entregues fora do tempo estipulado. Para resolver este problema, foi desenvolvido um modelo de intervenção *Lean* centrado na aplicação combinada das ferramentas 5S, TPM e *Standard Work*. A aplicação do 5S permitiu eliminar objetos desnecessários, organizar ferramentas ao alcance dos operadores e normalizar a limpeza e sinalização dos postos de trabalho. O TPM introduziu rotinas de manutenção autónoma e planeada, que asseguram a disponibilidade dos equipamentos e evitam paragens inesperadas. Já o *Standard Work* foi aplicado para estabelecer uma sequência clara, eficiente e replicável das atividades críticas, com base nos conceitos de *takt time*, sequência de tarefas e tempos padrão. O processo envolveu o mapeamento detalhado das tarefas, a sua análise quanto a desperdícios e movimentos desnecessários, e a criação de instruções visuais e procedimentos operacionais normalizados, usados como base para o treino dos operadores e a monitorização contínua da execução. Como resultado, os ciclos de operação foram significativamente reduzidos: o tempo de lavagem e rotulagem caiu de 270,3s para 124,2s, e o de produção e enchimento de 3732,3s para 3634,9s. A eficiência global dos

equipamentos (OEE) aumentou de 46% para 62%, enquanto a taxa de entregas fora de prazo desceu para 8,5%, sendo os ganhos confirmados por simulação no *software* Arena [67].

Após esta análise, destacam-se também dois estudos de aplicação do SLP. Um deles referem-se diretamente à indústria alimentar, enquanto o outro, desenvolvido numa empresa de madeira, constitui uma exceção setorial, mas é particularmente pertinente por incidir sobre uma linha de produção, contexto ainda pouco explorado na literatura.

A *Teaching Factory* de água engarrafada do Politécnico de Jember, na Indonésia, enfrentava problemas de *layout* que comprometiam a eficiência produtiva. O arranjo inicial apresentava distâncias excessivas entre equipamentos, aproveitamento deficiente do espaço e um fluxo de materiais pouco eficiente, que totalizava 28,8 metros e resultava em custos elevados de movimentação. Para responder a estas limitações, foi aplicada a metodologia *Systematic Layout Planning* (SLP), recorrendo à análise do fluxo de materiais, custos de movimentação e elaboração de um *Activity Relationship Chart*. A proposta de novo *layout* reorganizou as áreas de produção, colocando em proximidade o armazenamento de produto acabado com a zona de embalagem e saída, o que permitiu encurtar os percursos e simplificar o fluxo. Como resultado, a distância total percorrida foi reduzida para 11,7 metros (-59%) e os custos de movimentação diminuíram em 69%, o que assegurou maior aproveitamento do espaço e ganhos significativos de eficiência [68].

A empresa PT. XYZ, localizada na Indonésia e dedicada ao processamento de madeira para produtos semiacabados, apresentava inicialmente uma linha com um *layout* desorganizado, marcado por fluxos de materiais irregulares, intersecções de trajetos e longas distâncias de movimentação, que totalizavam 213,09 metros. Esta configuração originava cruzamentos desnecessários, acumulação de material e perda de eficiência. Através da aplicação da metodologia *Systematic Layout Planning* (SLP), foi desenvolvido um novo *layout* em forma de U, no qual as áreas de entrada da matéria-prima e de saída do produto acabado foram colocadas lado a lado, o que facilitou a circulação e assegurou maior fluidez no processo. Como resultado, o comprimento total do percurso foi reduzido para 133,82 metros, correspondendo a uma diminuição de 37,2%, facto que demonstra ganhos expressivos em termos de eficiência operacional [69].

Estes exemplos demonstram que a eficácia das ferramentas *Lean* na indústria alimentar não depende apenas da sua seleção, mas sobretudo da forma como são adaptadas e implementadas com base num diagnóstico rigoroso. O sucesso destas abordagens está intimamente

ligado à simplicidade da execução, ao envolvimento das equipes operacionais e ao acompanhamento sistemático dos resultados.

## ENQUADRAMENTO E METODOLOGIA

O presente capítulo tem como objetivo enquadrar os intervenientes do estudo e explicitar a abordagem metodológica seguida. Para tal, apresenta-se uma caracterização do *Kaizen Institute*, entidade parceira na condução do projeto, e da Empresa X, organização onde foi desenvolvido o estudo de caso. Em seguida, descreve-se uma iniciativa de suporte ao estudo e expõe-se a metodologia adotada, na qual se apresentam as etapas que orientaram a conceção, implementação e validação das soluções propostas.

### 4.1 Enquadramento

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito de um estágio no *Kaizen Institute*, realizado num cliente do setor de óleos e gorduras alimentares, designado neste estudo como Empresa X.

O projeto *Kaizen* decorre numa unidade industrial em Portugal da Empresa X, abrangendo diversas áreas, nomeadamente área de Planeamento, Adeagas e Abastecimento, Receção e Armazenagem de Graneis, Filtração de Azeites, Refinaria de Óleos, Embalamento, Laboratório, Logística Interna e Manutenção. A fase de implementação do projeto teve início em novembro de 2024 e tem como objetivo a promoção de uma cultura *Lean*, com foco na redução de desperdícios, na melhoria da taxa de utilização de materiais, na redução de custos e no aumento da capacidade.

No âmbito do estágio, o estudo incidiu na área de Embalamento e contemplou iniciativas direcionadas para a melhoria da eficiência produtiva de duas linhas semi-automáticas, para a redução do tempo de mudança de formato de uma linha automática e para a promoção de uma cultura de melhoria contínua. Para sustentar estas iniciativas, foi em primeiro lugar

realizada formação às equipas sobre *Kaizen* Diário, a metodologia SMED e o conceito de *Standard Work*, o que assegurou a compreensão e a aplicação prática dos princípios *Lean*.

#### **4.1.1 Kaizen Institute**

O *Kaizen Institute* é uma organização dedicada à consultoria e formação na área da melhoria contínua, com foco na aplicação prática da filosofia *Kaizen*. Fundado em 1985 por Masaaki Imai e atualmente sediado na Suíça, está presente em mais de 60 países, distribuídos pelos seis continentes. A sua missão é apoiar as empresas na transformação dos seus sistemas de gestão, promovendo mudanças sustentáveis que tenham impacto direto nos resultados.

A atuação do *Kaizen Institute* abrange setores tão diversos como a indústria, logística, retalho, saúde, energia, telecomunicações, serviços financeiros e administração pública. Em qualquer contexto, o objetivo é tornar as organizações mais eficientes, ágeis e orientadas para a criação de valor, sempre em conformidade com os princípios *Lean*.

A sua abordagem distingue-se por ser prática e integrada, pois apoia os clientes na definição de estratégias de longo prazo e na obtenção de ganhos imediatos. As soluções assentam em metodologias comprovadas, orientadas por dados e adaptadas à realidade operacional de cada organização, cuja aplicação traduz-se em melhorias como a redução de custos, o aumento da qualidade, o aumento produtividade ou a diminuição de *lead times*. Para alcançar estes resultados, o *Kaizen* valoriza a presença no *Gemba*, o que permite uma intervenção próxima, ajustada aos desafios concretos, centrada no desenvolvimento das equipas e na resolução de problemas através da identificação das causas raiz.

Em síntese, os princípios que norteiam a sua atuação incluem o foco no cliente, a colaboração transversal, a liderança participativa e a eliminação sistemática de desperdícios (MUDA). A transformação é entendida como um processo contínuo, que envolve toda a estrutura organizacional e se traduz na consolidação de uma cultura de melhoria diária, orientada para a excelência e sustentada pelo conhecimento.

#### **4.1.2 Empresa X**

A empresa X é uma organização multinacional do setor de óleos e gorduras alimentares, com atividade que abrange toda a cadeia de valor, desde a produção agrícola até à distribuição ao consumidor final.

O grupo exporta para mais de 70 mercados, com presença industrial direta em 11 países e uma força de trabalho superior a 1250 colaboradores. A sua estrutura organiza-se em três

áreas principais: agrícola, industrial e retalho. No domínio agrícola, gere projetos próprios de olival, amendoal e culturas oleaginosas, num total de mais de 18.000 hectares de área cultivada, o que garante a origem e a qualidade das matérias-primas.

Na vertente industrial, dispõe de unidades especializadas de extração, refinação, enchimento e embalamento de azeites e óleos vegetais. Em Portugal, a capacidade instalada de enchimento e embalamento atinge cerca de 1,2 milhões de litros por dia, distribuídos por onze linhas de produção e aptos a responder a diferentes formatos e mercados de destino.

No retalho e canais institucionais, o grupo detém marcas próprias de elevada notoriedade em mercados como Portugal, Brasil e Angola, e posiciona-se ainda como um dos principais fornecedores mundiais de azeite e óleos alimentares para marcas de distribuição.

Em 2024, o volume de negócios consolidado ascendeu a 1,8 mil milhões de euros, repartido em 54% azeites, 33% óleos vegetais e 13% outros produtos e serviços. Esta escala industrial e comercial sustenta a relevância da organização enquanto ator global no setor dos óleos e gorduras alimentares.

### 4.1.3 Fluxo de Materiais da Unidade Industrial

O fluxo de materiais da unidade industrial da Empresa X tem início na receção da matéria-prima e termina na expedição do produto acabado. Na Figura 12, está representado o fluxo e são evidenciadas as principais etapas da cadeia de valor.

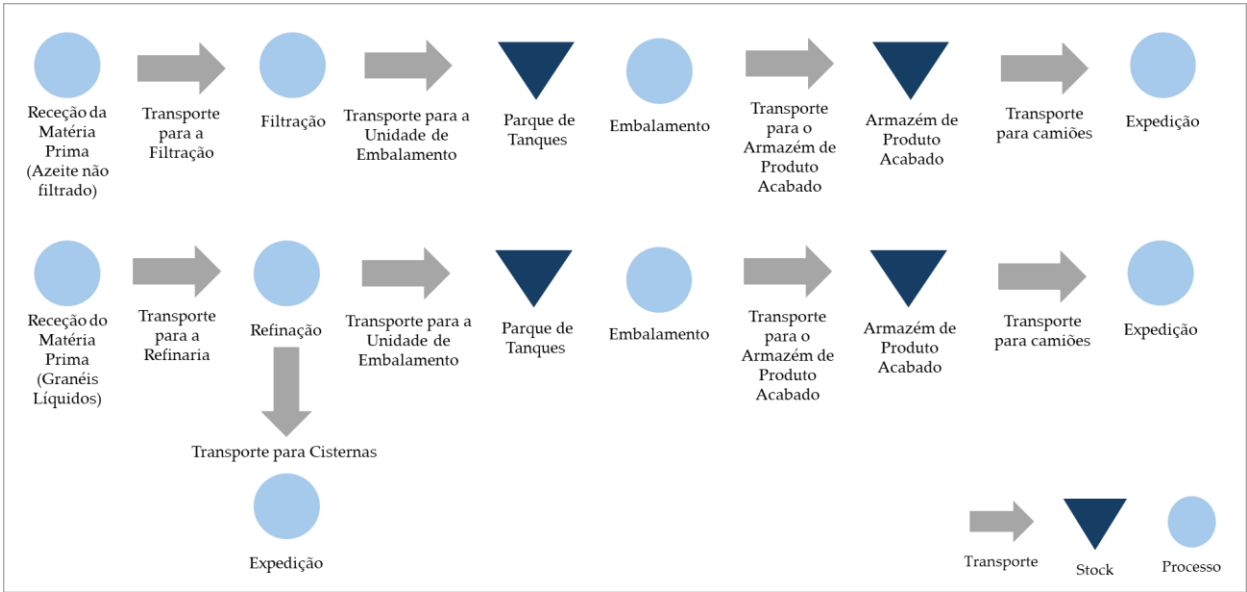


Figura 4.1 - Fluxo Materiais da Unidade Industrial

O processo começa com a receção das matérias-primas, provenientes de fornecedores externos (cisternas com azeites não filtrados) e de fornecedores internos (granéis líquidos – óleos crus). Depois, os azeites não filtrados são submetidos a um processo de filtragem, enquanto os óleos crus passam por refinação, processo do qual resultam os produtos intermédios: azeites refinados e óleos refinados.

Posteriormente, uma parte destes produtos é transferida para a área de armazenamento, onde permanece acondicionada em tanques, sendo posteriormente encaminhada para a fase de enchimento e embalagem, de acordo com os diferentes formatos exigidos pelos mercados. Outra parte é destinada ao mercado a granel, sendo carregada diretamente em cisternas para clientes. Todas as operações são supervisionadas pelas áreas de Qualidade e Laboratório, que asseguram o cumprimento dos parâmetros definidos.

A produção embalada segue para os armazéns, sendo posteriormente distribuída para o mercado nacional ou exportada para mercados internacionais, por via rodoviária ou em contentores marítimos.

#### **4.1.3.1 Área de Embalamento da Unidade Industrial**

O presente estudo centra-se na área de embalamento de azeites e óleos da unidade industrial em análise, reconhecida como uma etapa crítica do processo produtivo. É nesta área que o produto acabado é acondicionado de forma segura, em conformidade com os requisitos de qualidade estabelecidos, e preparado para a distribuição nos mercados nacional e internacional. O processo compreende um conjunto de operações sequenciais — despaletização das embalagens, enchimento, capsulagem, rotulagem e paletização — cuja cadência é determinante para assegurar o cumprimento dos prazos de entrega, a integridade do produto e a perceção de qualidade por parte do consumidor.

A unidade conta com onze linhas de embalamento, sendo quatro linhas semi-automáticas e sete linhas automáticas, organizadas por tipologia de produto: linhas automáticas de óleo, linhas automáticas de azeite, linhas semi-automáticas de óleo e linhas semi-automáticas de azeite. As operações decorrem em três turnos rotativos de 8h (manhã, tarde e noite), 5 dias por semana com uma equipa composta por 17 operadores por turno, coordenados por um chefe de turno e um segundo responsável de linha, o 2ª Linha. Os operadores têm direito a uma pausa de 30 minutos para refeição e duas pausas de 15 minutos, que são realizadas de forma desfasada para garantir a continuidade da produção.

Para assegurar a resposta imediata a avarias e a realização de afinações necessárias ao longo do turno, existe ainda uma equipa de manutenção dedicada, composta por dois técnicos

por turno. A área de embalagem é supervisionada por um chefe de embalagem, responsável pela coordenação e planeamento global das atividades.

#### 4.1.3.1.1 Equipamentos das Linhas

As linhas de produção são compostas por um conjunto de equipamentos especializados, cuja disposição sequencial assegura a execução das diferentes etapas do processo. A Tabela 5 apresenta uma descrição resumida das principais máquinas envolvidas, com destaque para as suas funções e parâmetros de controlo.

Tabela 4.1 - Equipamentos e Respetivas Funções nas Linhas de Produção

| Equipamento         | Descrição                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Despaletizador      | Robô que transfere automaticamente as embalagens vazias das paletes para a linha de produção.                                                                                                                              |
| Enchedora           | Equipamento que realiza o enchimento automático dos garrafões com óleo ou azeite, com controlo de volume e caudal.                                                                                                         |
| Capsulador          | Máquina que aplica cápsulas no gargalo dos garrafões através de uma calha de alimentação, com controlo do ritmo de alimentação e do posicionamento da cápsula.                                                             |
| Roscador            | Sistema que rosqueia e aperta as cápsulas nos garrafões de forma automática, com controlo de torque de aperto, altura de aplicação e velocidade, o que assegura vedação adequada sem danificar o material.                 |
| Máquina de Marcação | Equipamento que imprime dados variáveis (lote, validade, hora) diretamente na embalagem, geralmente com tinta à base de solvente, e que utiliza tecnologia de jato contínuo de tinta, adequada para superfícies plásticas. |
| Rotuladora          | Máquina que aplica etiquetas autocolantes nos garrafões (rótulo frontal e/ou contra-rótulo), com controlo da posição e da velocidade de aplicação.                                                                         |
| Formadora           | Equipamento responsável pela montagem automática das caixas de agrupamento de garrafas, com aplicação de cola ou fita adesiva.                                                                                             |
| Paletizador         | Robô que organiza e dispõe automaticamente as caixas de produto acabado sobre paletes.                                                                                                                                     |

## 4.2 *Kaizen* Diário e *Report* de OEE

A primeira iniciativa realizada e que deu suporte ao estudo consistiu na implementação de reuniões de *Kaizen* Diário em todas as linhas de embalagem. Numa fase inicial, foi realizada uma formação às equipas sobre o conceito de *Kaizen* Diário e efetuou-se o levantamento dos KPIs mais relevantes a monitorizar. Posteriormente, as reuniões foram implementadas e decorrem atualmente todos os dias em cada turno (A, B e C), suportadas por quadros visuais



disponibilidade, recorrendo à Equação 2.2. Este parâmetro representa a proporção do tempo disponível que é efetivamente utilizado para produzir, após o desconto das refeições e das paragens não planeadas ao tempo de abertura. Estas paragens são registadas manualmente pelos operadores em folhas de controlo, onde identificam a linha, o equipamento, o componente, o motivo e a respetiva duração.

De seguida, a performance é calculada a partir da velocidade teórica das linhas e da quantidade produzida no período analisado, de acordo com a Equação 2.4. Este fator expressa a diferença entre o ritmo ideal de produção e o volume realmente alcançado, o que inclui perdas associadas a quebras de cadência e microparagens não registadas.

A componente qualidade é desconsiderada, dado que a taxa de produtos conformes se mantém consistentemente próxima dos 100%, reflexo do elevado nível de exigência e controlo aplicado no setor. Assim, o impacto da qualidade no OEE é residual e não altera de forma significativa os resultados. Por fim, através da aplicação da Equação 2.6, calcula-se o OEE das linhas em estudo.

Assim, o *dashboard* desenvolvido, apresentado na Figura 13, passou a apoiar simultaneamente as reuniões de *Kaizen* Diário e a gestão da fábrica, assegurando a monitorização do OEE das linhas, a identificação das causas dos seus valores e a análise do tempo despendido em cada tipologia de paragem e por equipamento.

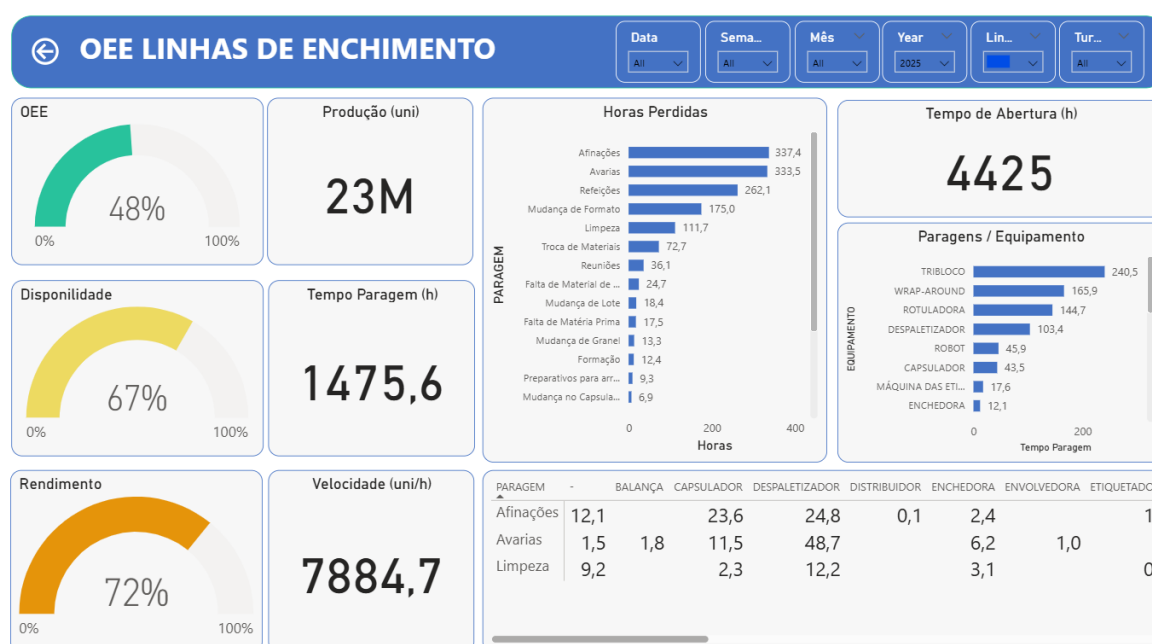


Figura 4.3 - Dashboard - Report OEE

### 4.3 Metodologia do Estudo de Caso

O estudo de caso incide em três linhas de produção que constituem as unidades de análise: uma linha automática, cujo objetivo foi reduzir o tempo de mudança de formato e, consequentemente, aumentar o OEE, e duas linhas semi-automáticas, caracterizadas por baixos níveis de performance.

Na linha automática, linha E, o trabalho iniciou-se com uma análise detalhada dos tempos de *setup* e do seu impacto no OEE, confirmando a necessidade de reduzir a duração deste processo. A partir desse diagnóstico, foram conduzidas observações diretas, cronometragens e registos audiovisuais, complementados por entrevistas informais aos operadores, de forma a caracterizar em detalhe o estado atual. Com base nesta informação, aplicou-se a metodologia SMED e, em seguida, colocou-se em prática a solução identificada, realizaram-se testes, validaram-se os resultados e procedeu-se à sua implementação.

Na linha semi-automática G, o estudo começou com o mapeamento das tarefas e a cronometragem das atividades, de forma a identificar desperdícios na execução do trabalho e oportunidades de melhoria. Com base nesse diagnóstico, foi realizado um *workshop* multidisciplinar com três operadores, um chefe de turno e representantes das equipas de qualidade e segurança, no qual foram estudadas as causas-raiz dos problemas identificados e se desenhou a solução a adotar. A proposta resultante consistiu na definição de um novo *standard* de trabalho, que foi colocado em prática, sujeito a testes acompanhados por auditorias *Kamishibai*, validado e posteriormente implementado.

Na Linha I, o trabalho também teve início com o mapeamento das tarefas e a cronometragem das atividades, de forma a identificar desperdícios e oportunidades de melhoria. A solução foi construída com recurso à ferramenta SSLP, propondo-se uma nova organização do *layout* da linha. A proposta foi validada pela empresa, mas não chegou a ser implementada no horizonte temporal considerado para este estudo.

As unidades de observação englobaram operadores, chefias e elementos de manutenção, bem como os próprios equipamentos e documentos internos da organização. A triangulação das diferentes fontes de evidência assegurou a robustez da análise e sustentou a definição e validação das soluções propostas. A metodologia utilizada para as três linhas, exceto a Linha I, que apenas avançou até à fase de validação, encontra-se esquematizada na Figura 14, onde se apresentam as ferramentas aplicadas em cada etapa.

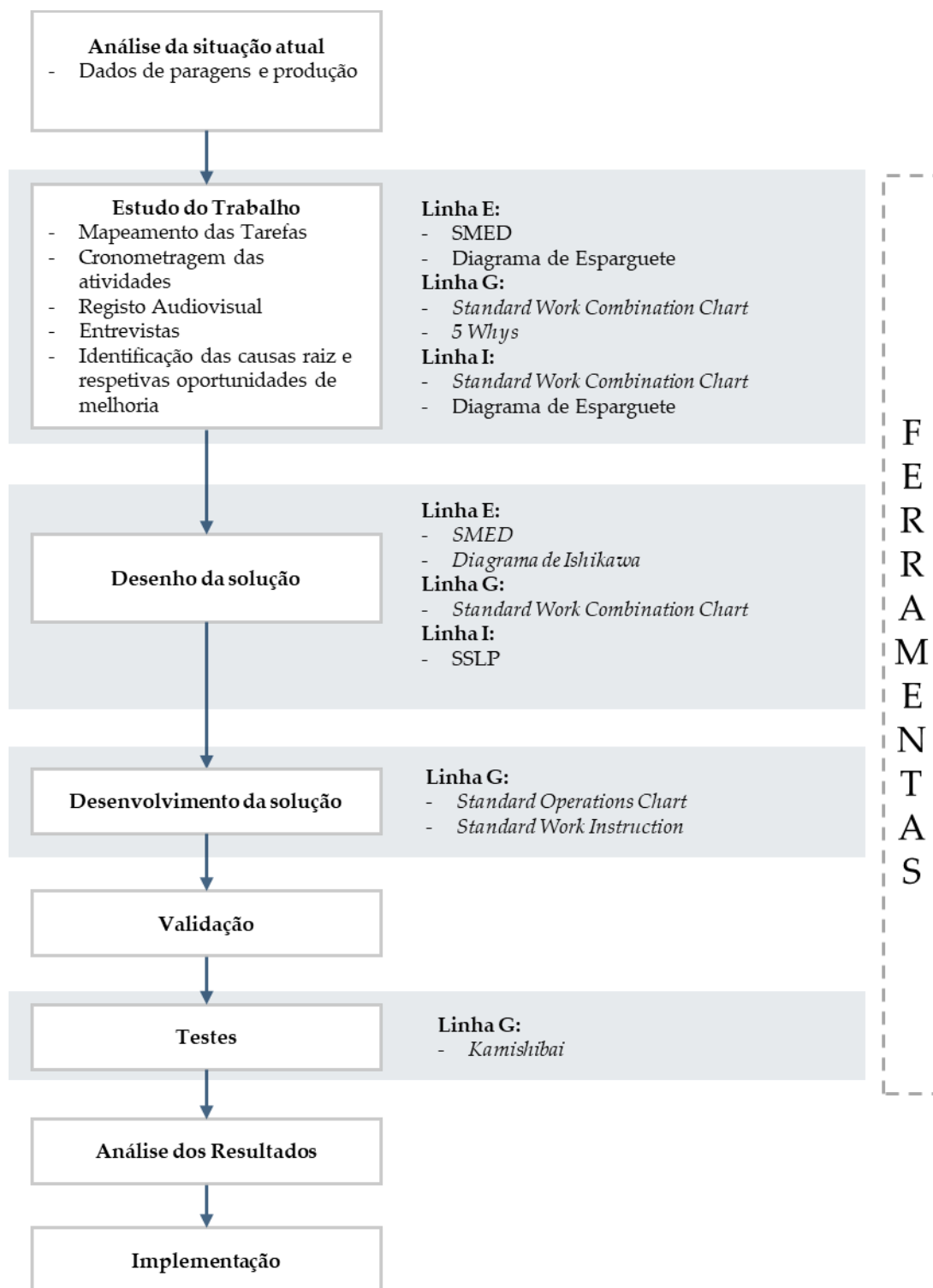


Figura 4.4 - Metodologia



## LINHA AUTOMÁTICA

Neste capítulo apresenta-se a primeira iniciativa desenvolvida numa linha automática, cujo objetivo principal consistiu na redução e normalização do tempo de mudança de formato. A Linha E é responsável pelo enchimento e embalamento de azeite em três tamanhos distintos de garrafas de vidro (1 L, 750 ml e 250 ml) e caracteriza-se por ser a linha da fábrica com maior número de referências. Esta condição implica uma elevada frequência e complexidade de *setups*, o que impacta de forma significativa a performance e a disponibilidade da linha. A própria Empresa X já havia identificado a mudança de formato como um problema crítico, devido à sua imprevisibilidade de execução, que dificulta o planeamento da produção.

Para responder a este desafio, inicia-se com a descrição da linha e a análise do seu estado atual no processo de mudança de formato, com base no histórico de dados disponíveis. Posteriormente, apresentam-se as ações implementadas no âmbito da metodologia SMED, nas quais se evidenciam as etapas seguidas e os resultados alcançados.

### 5.1 Funcionamento da Célula de Trabalho

O processo produtivo da linha E, representado na Figura 15, inicia com um robô de despaletização de garrafas de vidro. Este equipamento é abastecido por um operador, responsável por alimentar o sistema com paletes de garrafas vazias e retirar o filme plástico de proteção. O mesmo operador assegura a despaletização de duas linhas em simultâneo, o que o impossibilita de prestar apoio durante a execução do *setup*.

Após a despaletização, as garrafas são encaminhadas para um conjunto de quatro equipamentos, designado por Tribloco, composto por: um soprador, que remove impurezas; uma enchedora com 25 bicos, que realiza o enchimento; e um sistema de aplicação de cápsulas, onde estas são posicionadas através de uma calha e apertadas por um roscador. Nesta área

atua o segundo operador, que supervisiona e intervém sempre que ocorre algum erro, além de efetuar a troca dos rolos da rotuladora, localizada logo a seguir e responsável pela aplicação do rótulo e contra-rótulo.

Em seguida, as garrafas seguem para a formadora, que agrupa seis unidades por caixa e sela com cola líquida. O terceiro operador atua nesta etapa, sendo responsável por alimentar a máquina com caixas e separadores e por prestar apoio em caso de falha.

O processo finaliza com um robô de paletização, que organiza as caixas em paletes. Estas seguem depois, de forma automática, por meio de um transportador, para o armazém de produto final.

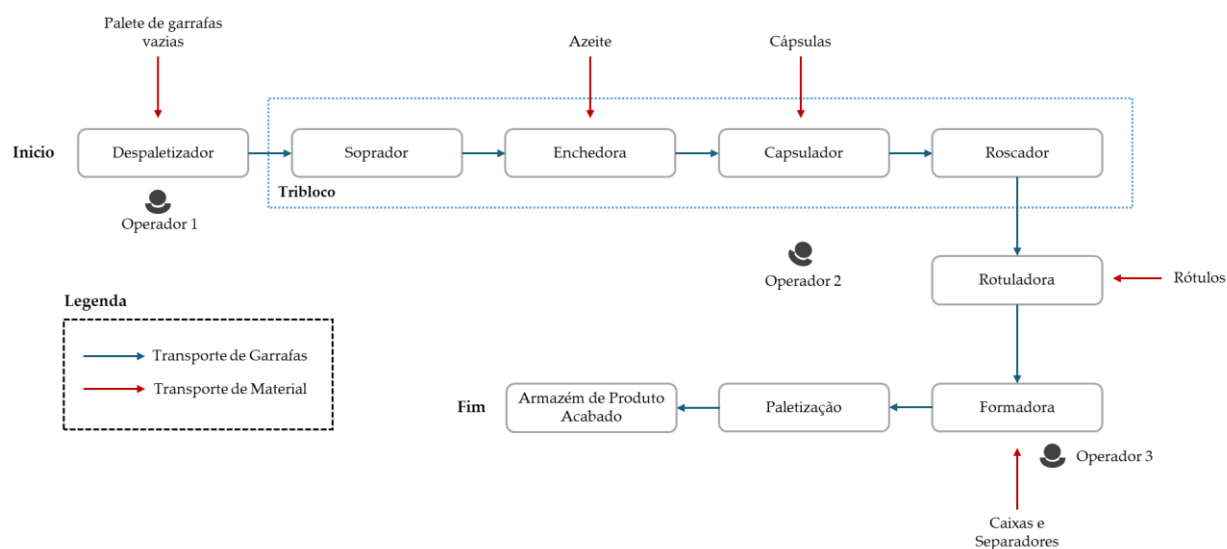


Figura 5.1 - Representação do fluxo da linha E

## 5.2 Análise da Situação Atual

Para caracterizar o estado atual, considerou-se relevante analisar o histórico de *setups* realizados e avaliar o respetivo impacto no *OEE* das linhas.

### 5.2.1 Mudança de Formato

A caracterização do estado atual contemplou a análise do tempo de *setup* da Linha E ao longo dos meses de maio, junho e julho de 2024, com o objetivo de estabelecer um ponto de referência para a implementação da iniciativa de melhoria. À data, não existia no planeamento da fábrica um tempo-padrão definido para este procedimento, o que dificultava o controlo e a

previsibilidade da sua duração. Acresce que os *setups* não possuem datas nem horários fixos, sendo realizados conforme a procura e ajustados às necessidades do mercado.

A mudança de formato da linha corresponde à preparação e afinação de três equipamentos principais em simultâneo, sendo apenas registado o tempo total do *setup* global. Não existem medições individualizadas por equipamento.

Os registos analisados, representados no gráfico da Figura 16, evidenciam uma variação significativa entre semanas, com valores que oscilam entre aproximadamente 2h10 e 7h55, o que resulta numa média de 3 horas e 50 minutos por *setup*.

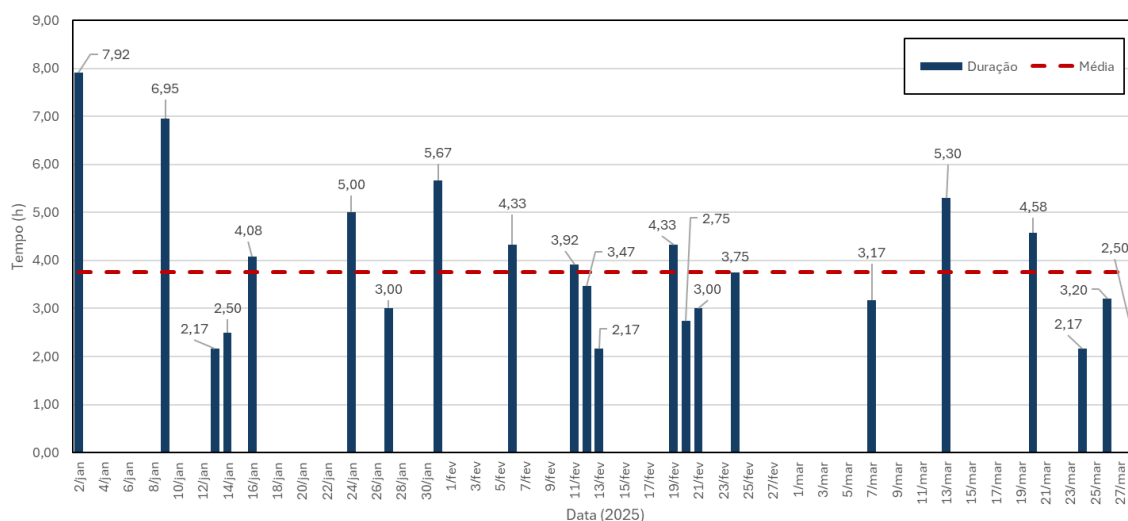


Figura 5.2 - Tempo médio de *Setup* em maio, junho e julho de 2025

Da análise foi possível identificar duas oportunidades de melhoria, que constituem o foco da iniciativa desenvolvida com recurso à metodologia SMED:

- Redução do tempo de *setup*, uma vez que a análise do gráfico evidencia a possibilidade de executar o procedimento em períodos inferiores à média atual;
- Normalização das tarefas, com a definição e implementação de um método *standard*, com o objetivo de eliminar a variabilidade observada e aumentar a previsibilidade do processo.

## 5.2.2 Impacto da Mudança de Formato no OEE

Foi também analisado o OEE da Linha E e o impacto das mudanças de formato no seu desempenho global. O gráfico da Figura 17 apresenta a variação semanal do OEE ao longo do período estudado, no qual se evidencia um valor global de 46%, resultante de uma disponibilidade de 65% e de uma performance de 71%. A análise do gráfico permite verificar que o OEE apresenta valores mais baixos devido à disponibilidade, o que confirma que este fator é o principal condicionante do indicador global.

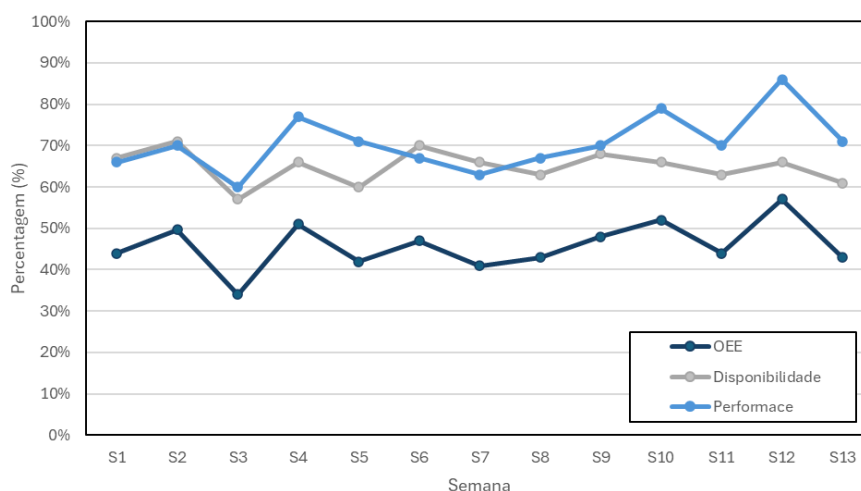


Figura 5.3 - OEE, Disponibilidade e Performance da linha E em maio, junho, julho de 2025

De seguida, analisou-se a perda de pontos percentuais de OEE decorrente dos *setups*, com o objetivo de quantificar o impacto das paragens associadas e justificar a necessidade de intervenção.

Verificou-se assim que a disponibilidade das máquinas é significativamente influenciada pelo tempo despendido nas mudanças de formato, que representaram em média 6% do tempo de abertura e 15% do total de paragens, o que resultou numa perda equivalente a 4 pontos percentuais do OEE (cerca de 8% do valor global), conforme ilustrado na Figura 18.

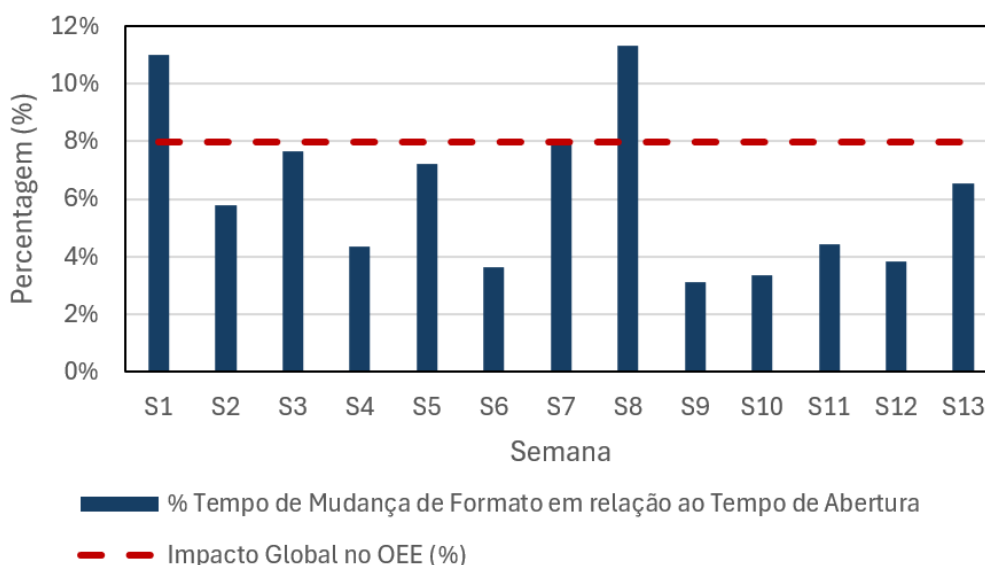


Figura 5.4 - Gráfico do Impacto da Mudança de Formato no OEE de maio, junho e julho de 2025

Assim, esta análise evidencia a importância de atuar no sentido de reduzir o tempo de mudança de formato, de forma a mitigar o seu impacto no OEE e, consequentemente, aumentar a capacidade produtiva da linha.

## 5.3 Aplicação da Ferramenta *SMED*

Com base na análise do histórico de dados, avançou-se para a implementação da metodologia *SMED* na mudança de formato da linha E.

### 5.3.1 Fase 0 e 1 - Observação e Separação entre *setup* interno e externo

O processo iniciou-se com a observação direta e integral de um ciclo completo de *setup*, de forma a observar a realidade operacional no estado atual. Este acompanhamento incluiu o registo em vídeo de todo o procedimento, a cronometragem individual das tarefas e a identificação dos recursos necessários em cada etapa. Ao longo do *setup* foram colocadas questões aos operadores e ao mecânico, com o objetivo de aprofundar a compreensão do processo, identificar problemas existentes e esclarecer o racional subjacente a determinadas sequências de tarefas, medida que viabilizou a identificação de oportunidades de melhoria.

O *setup* da linha divide-se em três equipamentos principais, Tribloco, Rotuladora e Formadora, para os quais foi efetuada a classificação das atividades internas e externas, o que permitiu identificar o peso relativo de cada um no tempo total de *setup*. Paralelamente, foi desenvolvido um diagrama de esparguete para cada equipamento, de modo a evidenciar os fluxos de deslocação dos operadores e apoiar a identificação de desperdícios associados à movimentação.

Na Tabela 6 apresentam-se as tarefas de mudança de formato do equipamento mais crítico e complexo, o Tribloco, bem como o respetivo tempo de execução em minutos, realizadas por um mecânico, um eletricista e pelo 2.º linha. Trata-se de um equipamento cuja mudança de formato exige conhecimento especializado, sendo executada maioritariamente pela equipa de manutenção. As tarefas encontram-se classificadas em desmontagem, montagem e afinação, sendo igualmente feita a distinção entre atividades internas e externas, das quais apenas a preparação do novo formato é realizada externamente. A observação direta permitiu apurar que o tempo total da mudança de formato interno, incluindo as afinações, correspondeu a 2 horas e 6 minutos.

Tabela 5.1 - Mapeamento de tarefas do *setup* do Tribloco

| Tribloco                       |    |               | Operador: Mecânico + Eletricista + 2ª Linha                                    |             |
|--------------------------------|----|---------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tipo de Tarefa                 | #  | Classificação | Tarefa                                                                         | Tempo (min) |
| Preparação                     | 1  | Externa       | Preparação das caixas da referência do novo formato                            | 10          |
| -                              | 2  | Interna       | Esvaziamento da linha                                                          | 10          |
| Desmontagem                    | 3  | Interna       | Retirar as guias do soprador, enchedora e capsulador                           | 3           |
|                                | 4  | Interna       | Retirar as estrelas de entrada e saída do soprador, Enchedora e capsulador     | 8           |
|                                | 5  | Interna       | Retirar as guias da enchedora (apoio garrafas)                                 | 2           |
| Montagem                       | 6  | Interna       | Colocar a guia central no soprador + guia na enchedora e capsulador + estrelas | 8           |
|                                | 7  | Interna       | Montar as guias da enchedora (apoio garrafas)                                  | 5           |
|                                | 8  | Interna       | Apertar as guias do capsulador                                                 | 1,5         |
|                                | 9  | Interna       | Apertar as guias dos transportadores (entre soprador e enchedora)              | 2           |
|                                | 10 | Interna       | Montar o sem fim central                                                       | 5           |
|                                | 11 | Interna       | Montar o sem fim de entrada                                                    | 1           |
| Afinação                       | 12 | Interna       | Afinar o sem fim de entrada                                                    | 10          |
|                                | 13 | Interna       | Afinar as guias de entrada                                                     | 1           |
| Montagem                       | 14 | Interna       | Montar as guias do capsulador                                                  | 15          |
|                                | 15 | Interna       | Montar as guias do capsulador (exteriores)                                     | 15          |
| Afinação                       | 16 | Interna       | Ajustar a altura da célula final                                               | 1           |
|                                | 17 | Interna       | Afinar o sem fim central                                                       | 3           |
|                                | 18 | Interna       | Afinar o sem fim de entrada (novamente)                                        | 7           |
|                                | 19 | Interna       | Afinar as guias dos transportadores entre o soprador e a enchedora             | 15          |
|                                | 20 | Interna       | Afinar as guias de saída                                                       | 2           |
|                                | 21 | Interna       | Afinar a altura células de saída                                               | 2           |
| -                              | 22 | Interna       | Mudar o formato no controlador e testar a velocidade Reduzida                  | 5           |
| Afinação                       | 23 | Interna       | Afinar a célula saída                                                          | 5           |
| Total <i>setup</i> interno (h) |    |               |                                                                                | 2,1h        |

Na Tabela 7 apresentam-se as tarefas da rotuladora, realizadas pelo Operador 2, cujo tempo total é de aproximadamente 1 hora e 55 minutos.

Tabela 5.2 - Mapeamento de tarefas do *setup* da Rotuladora

| Rotuladora                     |    |               | Operador 2                                      |             |
|--------------------------------|----|---------------|-------------------------------------------------|-------------|
| Tipo de Tarefa                 | #  | Classificação | Tarefa                                          | Tempo (min) |
| Desmontagem                    | 1  | Interna       | Retirar bobine dos rótulos da produção anterior | 2           |
| Arrumação                      | 2  | Interna       | Arrumar caixa c/ bobine                         | 1           |
| Desmontagem                    | 3  | Interna       | Retirar pratos                                  | 2           |
| Arrumação                      | 4  | Interna       | Arrumar pratos                                  | 1           |
| Configurações                  | 5  | Interna       | Configurar máquina                              | 3           |
| Desmontagem                    | 6  | Interna       | Desmontar porta escovas                         | 1           |
| Arrumação                      | 7  | Interna       | Arrumar porta escovas na caixa                  | 1           |
| Desmontagem                    | 8  | Interna       | Desmontar estrelas e sem fim                    | 1,5         |
| Montagem                       | 9  | Interna       | Montar estrelas, guias e sem fim                | 1,5         |
|                                | 10 | Interna       | Montar pratos                                   | 3           |
| Desmontagem                    | 11 | Interna       | Desmontar guia de entrada                       | 2           |
| Arrumação                      | 12 | Interna       | Arrumar pratos e guia                           | 1,5         |
| Montagem                       | 13 | Interna       | Montar 2º sem fim                               | 2,5         |
| Desmontagem                    | 14 | Interna       | Arrumar material                                | 3,5         |
|                                | 15 | Interna       | Retirar rótulos                                 | 1,5         |
| Montagem                       | 16 | Interna       | Montar suporte das escovas                      | 1           |
| Configurações                  | 17 | Interna       | Programar nova produção                         | 8           |
| -                              | 18 | Interna       | Pedir rótulos e caixas                          | 1           |
| Desmontagem                    | 19 | Interna       | Recolher rótulos e caixas                       | 2,5         |
| Montagem                       | 21 | Interna       | Montar rótulo + contra-rótulo                   | 13          |
| Afinação                       | 22 | Interna       | Afinar posição da marcação                      | 3           |
| -                              | 23 | Interna       | Validar qualidade de impressão                  | 0,5         |
| -                              | 24 | Interna       | Preencher registos                              | 4           |
| -                              | 25 | Interna       | Dar baixa da matéria-prima                      | 1           |
| Afinação                       | 26 | Interna       | Afinar guias transportadores                    | 3           |
|                                | 27 | Interna       | Afinar sensor altura                            | 2           |
| -                              | 28 | Interna       | Retirar lixo da linha                           | 1           |
| Afinação                       | 29 | Interna       | Afinar sem fim                                  | 7           |
|                                | 30 | Interna       | Afinar posição rótulos                          | 40          |
| Total <i>setup</i> interno (h) |    |               |                                                 | 1,9h        |

Por fim, a Tabela 8 lista as tarefas da mudança de formato da formadora, executadas pelo Operador 3, cujo tempo total foi de cerca de 1 hora e 32 minutos.

Tabela 5.3 - Mapeamento de tarefas do *setup* da Formadora

| Formadora                      |    |               | Operador 3                               |             |
|--------------------------------|----|---------------|------------------------------------------|-------------|
| Tipo de Tarefa                 | #  | Classificação | Tarefa                                   | Tempo (min) |
| -                              | 1  | Interna       | Retirar caixas da produção anterior      | 12          |
| -                              | 2  | Interna       | Plastificar palete de caixas             |             |
| -                              | 3  | Interna       | Transporte da paleta                     |             |
| -                              | 4  | Interna       | Retirar separadores da produção anterior |             |
| Desmontagem                    | 5  | Interna       | Retirar espaçadores                      | 5           |
|                                | 6  | Interna       | Retirar garfos e separadores             | 6           |
| Montagem                       | 7  | Interna       | Montar garfos e separadores              | 14          |
|                                | 8  | Interna       | Mudar formato no controlador             | 1           |
| Desmontagem                    | 9  | Interna       | Retirar formador de separadores          | 4           |
| Montagem                       | 11 | Interna       | Montar separador                         | 3           |
| Arrumação                      | 12 | Interna       | Arrumar peças da produção antiga         | 2           |
| Afinação                       | 13 | Interna       | Afinar abastecimento de caixas           | 8           |
| Abastecimento                  | 14 | Interna       | Abastecer caixas + separadores           |             |
| Afinação                       | 15 | Interna       | Afinar separadores                       | 1           |
| Abastecimento                  | 16 | Interna       | Abastecer caixas + separadores           | 1           |
| Afinação                       | 17 | Interna       | Afinar tapetes                           | 35          |
| Total <i>setup</i> interno (h) |    |               |                                          | 1,50h       |

A Figura 19 apresenta o diagrama de esparguete, que evidenciam as deslocções dos operadores, do mecânico e do 2.º linha. Observa-se um elevado número de trajetos cruzados entre diferentes zonas da linha, aumentando a distância percorrida e comprometendo a fluidez do processo, dando origem a dois tipos de MUDA: movimento de pessoas e transporte de material.

Nas três máquinas, identificam-se trajetos recorrentes para pontos específicos devido à falta de organização das ferramentas, armazenadas em caixas e armários afastados do ponto de uso e dispersos por diferentes áreas da linha. Além disso, a desmontagem de peças de grandes dimensões e de difícil manuseamento no Tribloco obriga o mecânico a deslocar-se para ambos os lados da máquina, o que eleva a complexidade do trabalho e prolonga a duração do *setup*.

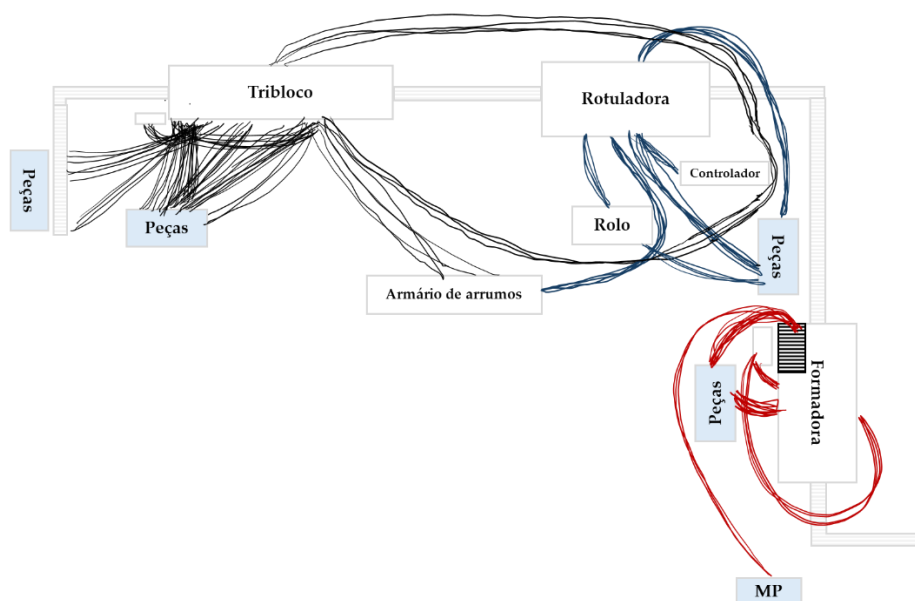


Figura 5.5 - Diagrama de Esparguete do *Setup* da linha E

A análise revelou que a duração total do procedimento foi de 4 horas e 30 minutos, com 4 horas e 20 min de *setup* interno, conforme apresentado na figura 20.

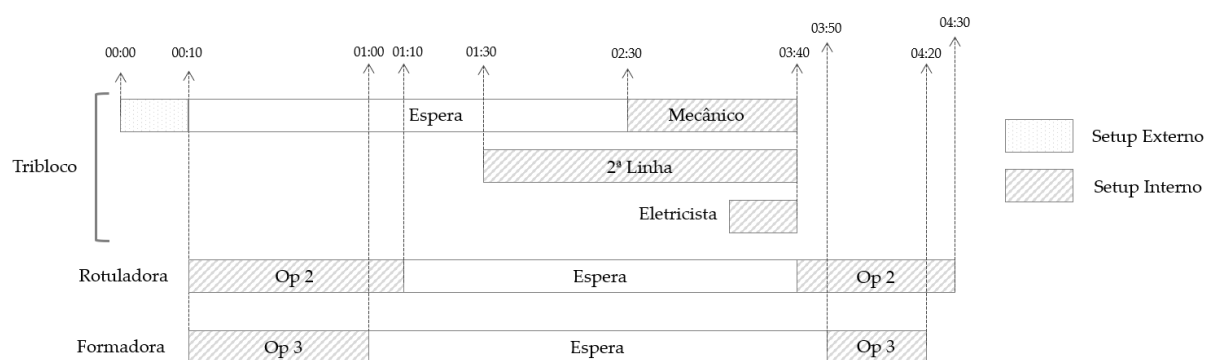


Figura 5.6 - Representação temporal das atividades de *setup* da Linha E (Atual)

Este tempo elevado ficou associado, em primeiro lugar, à indisponibilidade do mecânico responsável, devido à ocorrência de uma avaria noutra linha. Verificou-se, a partir da recolha de *feedback* junto dos operadores, que esta situação é recorrente, uma vez que apenas este profissional possui competência para realizar o *setup* do tribloco, criando dependência e atrasos sempre que há intervenções simultâneas. Paralelamente, o 2ª Linha iniciou o processo, mas a uma cadência significativamente inferior, devido à falta de experiência e ao desconhecimento detalhado do procedimento, o que resultou em múltiplas tentativas e erros até conseguir avançar nas etapas. Consequentemente, as afinações da Rotuladora e da Formadora sofreram atrasos, uma vez que dependem da disponibilidade de garrafas cheias, apenas assegurada após a conclusão das afinações do Tribloco.

### 5.3.2 Fase 2 - Conversão de atividades internas em externas

Na segunda fase, analisaram-se as tarefas internas suscetíveis de serem executadas com a máquina em funcionamento, com o objetivo de convertê-las em atividades externas.

No Tribloco, não foi identificada nenhuma tarefa passível de conversão. Já na Rotuladora, o pedido de matéria-prima e as atividades de arrumação foram transferidos para o *setup* externo, sendo o pedido de matéria-prima antecipado para antes da paragem da linha, de forma a garantir a disponibilidade atempada, e a arrumação remetida para o final, após a conclusão de todas as operações internas. Esta reorganização permitiu uma redução de 17,5 minutos e conduziu a um tempo total de 1h38min. Na formadora, aplicou-se a mesma lógica, com a transferência da arrumação para o *setup* externo, o que originou uma diminuição de 8 minutos e fixou o tempo de *setup* em 1h24min.

### 5.3.3 Fase 3 - Melhoria de todas as operações de *setup*

Após a conversão, avançou-se para a melhoria das operações remanescentes. Para tal, foi elaborado um Diagrama de *Ishikawa*, representado na figura 21, com o objetivo de identificar as principais causas responsáveis pela elevada duração e variabilidade da mudança de formato. Essas causas foram agrupadas em categorias como método, mão de obra, máquina, materiais e medição, de forma a estruturar o diagnóstico e orientar a definição de soluções.

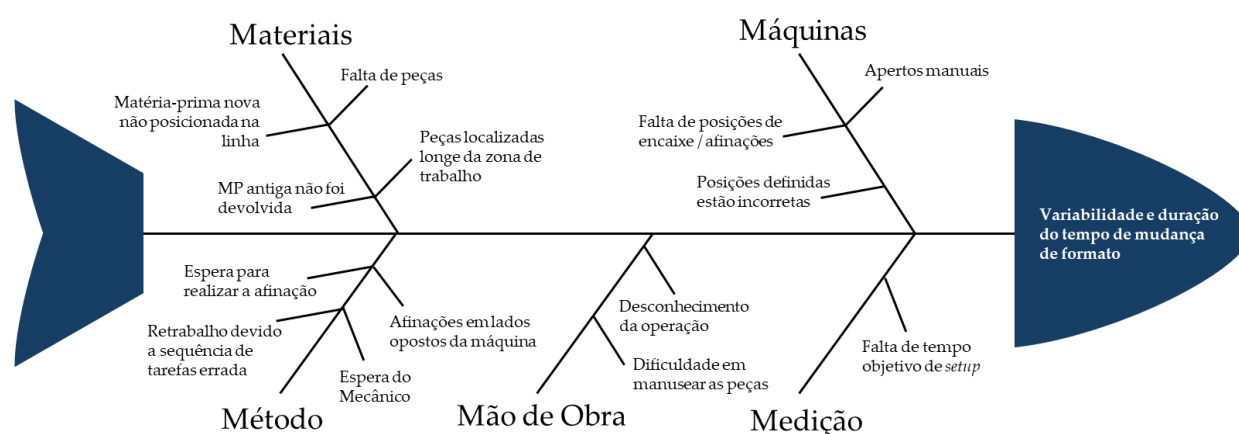


Figura 5.7 - Diagrama de *Ishikawa* da Mudança de Formato

Com base nesta análise, foram delineadas soluções de melhoria para o processo.

No que respeita ao método, verificou-se uma forte dependência do mecânico responsável, o único com competências para realizar o *setup* do Tribloco. Sempre que este se encontra a resolver uma avaria noutra linha, a mudança de formato sofre atrasos significativos e, em

várias situações, a linha permanece parada até à sua chegada. Noutras situações, um operador com alguma experiência inicia o processo, mas a um ritmo mais lento e seguindo uma sequência incorreta de tarefas, o que origina retrabalho e prolonga a duração total do *setup*. Adicionalmente, constatou-se que o Tribloco é o equipamento com maior duração de *setup* e que as afinações da Rotuladora e da Formadora apenas podem ser realizadas após a chegada das garrafas provenientes do mesmo. Isto implica um tempo de espera adicional, dado que as afinações só se iniciam quando a mudança de formato do Tribloco está concluída. Acresce ainda que, na Rotuladora e na Formadora, o ajuste das posições dos rótulos e a afinação dos tapetes, respetivamente, exigem intervenção em lados opostos da máquina, obrigando o operador a deslocações constantes.

Como ações de melhoria, foi definida a implementação de uma *checklist* ordenada das tarefas do *setup*, na qual o operador responsável regista o seu nome, data e hora e, ao longo do processo, assinala as etapas concluídas; a formação prática dos operadores, de modo a capacitá-los para desempenhar determinadas etapas de forma autónoma; a inclusão de *kits* de garrafas cheias para teste, que permitem realizar a afinação da Rotuladora e da Formadora imediatamente após os respetivos *setups*, independentemente da conclusão do Tribloco; e, por fim, a execução das afinações da Rotuladora e da Formadora por dois operadores em simultâneo, o operador afeto à máquina e o apoio do 2.º Linha, o que reduz a movimentação e diminui a duração do processo.

Na espinha da mão de obra, identificou-se um conhecimento parcial do procedimento por parte de alguns operadores, consequência da inexistência de uma norma documentada e da ausência de formação. Tal situação originava tempos de execução mais longos e uma maior variabilidade nos resultados. Estes problemas serão mitigados com a implementação das *checklists* e com a realização das formações.

Relativamente ao material, verificou-se a falta de peças e ferramentas disponíveis no momento do *setup*, uma vez que se encontravam armazenadas em locais dispersos e sem organização normalizada. Como contramedidas, estabeleceu-se a preparação de *kits* completos de *setup* previamente organizados e a implementação de caixas padrão adaptadas à linha, medida que assegurou a presença de todas as ferramentas junto ao ponto de uso.

Na dimensão máquina, foram identificadas falhas relacionadas com a inexistência ou desatualização das marcações de apoio, necessárias ao correto posicionamento e afinação dos componentes. A ausência destas referências dificultava o trabalho dos operadores e resultava

em erros e necessidade de reajustes. Para ultrapassar esta limitação, definiu-se a criação e atualização regular de marcações visuais, de forma a facilitar o correto encaixe das peças.

Por fim, no que diz respeito à medição, verificou-se que não havia acompanhamento da duração dos *setups* por parte dos operadores e chefes de turno, bem como a ausência de um tempo objetivo definido para este processo. Assim, a solução passou pela definição de um tempo padrão de referência e pela monitorização sistemática deste indicador nas reuniões diárias de *Kaizen*, com o objetivo de discutir desvios e implementar ações corretivas de forma estruturada.

O Tribloco foi o único equipamento que, após este diagnóstico, registou alterações significativas no tempo de *setup*. Uma das principais melhorias consistiu na introdução de marcações fixas, realizadas em conjunto com o mecânico e aplicadas com cores distintas para cada formato. Este sistema visual passou a orientar a colocação das guias e dos sem-fim e o aperto das guias dos transportadores entre o soprador e a enchedora, o que eliminou a necessidade de afinações manuais sucessivas e garantiu maior precisão e repetibilidade no processo. Esta alteração traduziu-se numa redução de 37 minutos no tempo total de *setup*.

Na Figura 22 apresenta-se um exemplo de marcação efetuada para um dos formatos numa guia de um transportador.



Figura 5.8 - Marcação na Guia do Transportador

Adicionalmente, analisou-se a remoção das guias do soprador, enchedora e capsulador, bem como das estrelas de entrada e saída. O porte destes componentes tornava a tarefa demorada e exigia movimentos excessivos e, para mitigar esta limitação, definiu-se que estas operações passassem a ser executadas em simultâneo pelo mecânico e pelo 2.º Linha. Esta alteração permitiu uma redução adicional de cerca de 6,5 minutos.

Por fim, a tarefa externa de preparação das caixas do novo formato passou a consistir na recolha e distribuição dos *kits* previamente preparados, contendo todas as ferramentas e o

novo formato, o que assegurou a sua alocação antecipada às três máquinas da linha. Esta tarefa passou a ser realizada pelos dois operadores responsáveis pelo *setup*. No total, as melhorias implementadas resultaram num tempo global de *setup* do tribloco de aproximadamente 1h24min, conforme evidenciado na Tabela 9.

Tabela 5.4 - Mapeamento das tarefas de *setup* do Tribloco após implementação das melhorias

| Tribloco                       |    |               | Operador: Mecânico + Eletricista + 2ª Linha                                       |                        |             |
|--------------------------------|----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Tipo de Tarefa                 | #  | Classificação | Tarefa                                                                            | Responsável            | Tempo (min) |
| Preparação                     | 1  | Externa       | Preparação do <i>kit</i> com todos os materiais necessários                       | Op 2 + Op 3            | 10          |
| -                              | 2  | Interna       | Esvaziamentoda Linha                                                              | Op 2 + Op 3            | 10          |
| Desmontagem                    | 3  | Interna       | Retirar guias do soprador, enchedora e capsulador                                 | Mecânico + 2ª Linha    | 1,5         |
|                                | 4  | Interna       | Retirar estrelas da entrada e saída do soprador, enchedora e capsulador           | Mecânico + 2ª Linha    | 4           |
|                                | 5  | Interna       | Retirar guias da enchedora (apoio garrafas)                                       | Mecânico + 2ª Linha    | 1           |
| Montagem                       | 6  | Interna       | Colocação da guia central no soprador + guia na enchedora e capsulador + estrelas | Mecânico               | 8           |
|                                | 7  | Interna       | Montar guias da enchedora (apoio garrafas)                                        | Mecânico               | 5           |
|                                | 8  | Interna       | Apertar guias do capsulador                                                       | Mecânico               | 1,5         |
|                                | 9  | Interna       | Apertar guias dos transportadores (entre soprador e enchedora)                    | Mecânico               | 2           |
|                                | 10 | Interna       | Montar sem fim central                                                            | Mecânico               | 5           |
|                                | 11 | Interna       | Montar sem fim na entrada                                                         | Mecânico               | 1           |
| Afinação                       | 12 | Interna       | Afinar guias da entrada                                                           | Mecânico               | 1           |
| Montagem                       | 13 | Interna       | Montar guias do capsulador                                                        | Mecânico               | 15          |
|                                | 14 | Interna       | Montar guias do capsulador (exteriores)                                           | Mecânico               | 15          |
| Afinação                       | 15 | Interna       | Ajustar altura da célula final                                                    | Mecânico               | 1           |
|                                | 16 | Interna       | Afinar altura das células de saída                                                | Eletricista            | 2           |
| -                              | 17 | Interna       | Mudar o formato e testar a velocidade reduzida                                    | Mecânico + Eletricista | 5           |
| Afinação                       | 18 | Interna       | Afinar a célula saída                                                             | Eletricista            | 5           |
| Finalização                    | 19 | Externa       | Arrumar peças formato antigo na caixa respetiva                                   | Mecânico               | 10          |
| Total <i>setup</i> interno (h) |    |               |                                                                                   |                        | 1,4h        |

Por fim, a Figura 23 apresenta o gráfico que evidencia a duração total de 1 hora e 43 minutos para a mudança de formato com a linha parada, resultante da implementação das melhorias no Tribloco, da conversão de atividades internas em externas na Rotuladora e na Formadora, bem como do apoio do 2.º Linha nas atividades de afinação. Adicionalmente, destaca-se a introdução do *kit* de *setup*, que possibilita a realização imediata das afinações após a conclusão do *setup*, em vez de apenas após o término do Tribloco.

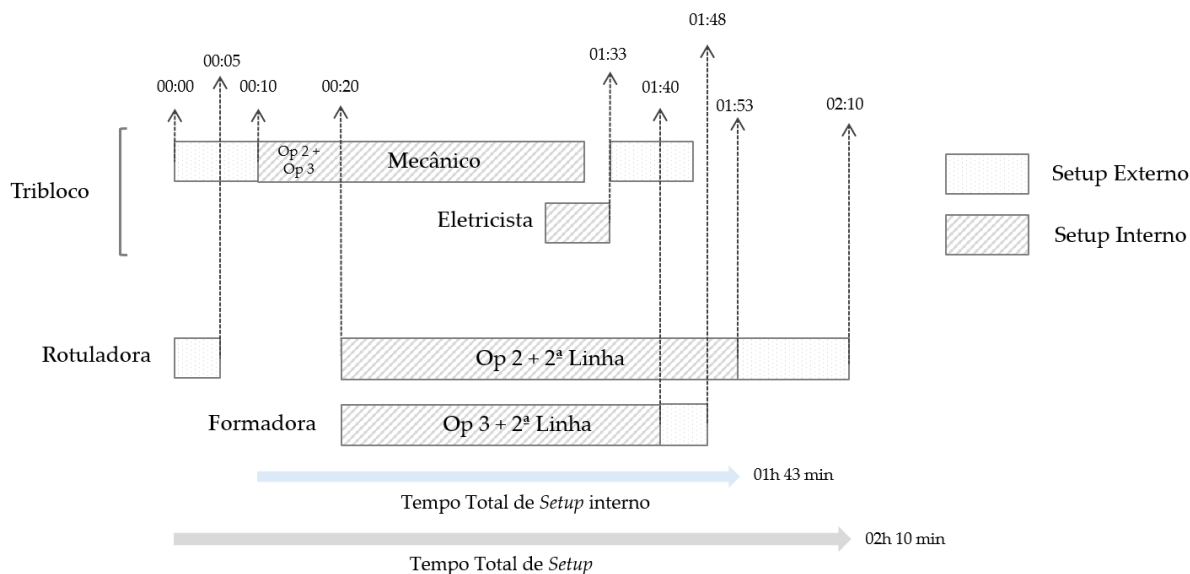


Figura 5.9 - Representação temporal das atividades de *setup* interno da Linha E (Futuro)

O *kit* consiste num conjunto de caixas móveis, de altura reduzida e com rodas, concebidas para serem facilmente posicionadas junto às linhas de produção. Cada *kit* é preparado antecipadamente e contém todas as ferramentas e componentes necessários para cada formato específico, evitando perdas de tempo na procura de materiais ou o risco de utilização de ferramentas incorretas, situações frequentes quando o material se encontrava disperso e trocado entre formatos. Adicionalmente, inclui também as garrafas cheias para as afinações da Rotuladora e da Formadora.

Para reforçar a organização, cada *kit* está identificado por uma cor distinta e subdividido em três caixas, correspondentes a cada um dos equipamentos. Além disso, cada caixa integra uma *checklist*, onde está discriminado todo o material que deve estar disponível. Esta lista é preenchida com marcação das caixas de verificação e assinada pelo operador responsável pela arrumação, de modo a garantir a completude do *kit* e a rastreabilidade em caso de falhas.

Por fim, com base nestas alterações, foi elaborado para cada máquina um *standard* de *setup* em formato de *checklist*, no qual as tarefas estão organizadas pela ordem de execução,

com indicação do responsável e da duração prevista, incluindo uma *checkbox* para ser assinada ao longo da realização do *setup*. Estas *checklists* encontram-se em detalhe no Apêndice A.

## 5.4 Validação, Testes e Implementação

Após a realização dos *kits* e das marcações no Tribloco, desenvolvidas em conjunto com a equipa da linha, as *checklists* dos diferentes equipamentos foram apresentadas à equipa e, após validação, foi acordado com a equipa de produção que o início do *setup*, ou seja, o esvaziamento da linha, apenas teria lugar mediante a confirmação da disponibilidade do mecânico. Caso este não estivesse presente, a produção não era interrompida, uma vez que ainda não existia nenhum operador totalmente capacitado para realizar o *setup* do tribloco de forma autónoma, evitando assim tempos de espera desnecessários.

Só então se iniciou um período de testes acompanhado pelo chefe de turno. Este acompanhamento assegurou a execução rigorosa dos procedimentos definidos, bem como a identificação de eventuais necessidades de ajustamento antes da implementação definitiva. Durante esta fase, todos os *setups* e afinações foram observados e cronometrados, registando-se os constrangimentos operacionais de forma a garantir a eliminação imediata de desvios face ao procedimento estabelecido.

Complementarmente, elaborou-se o diagrama de esparguete relativo ao novo procedimento, de modo a quantificar os percursos realizados pelos operadores. A comparação entre as situações *antes* e *depois* da aplicação do SMED evidencia uma redução significativa da distância percorrida e da complexidade dos movimentos, demonstrando a eliminação de deslocações desnecessárias e uma maior racionalização do fluxo operacional. As diferenças encontram-se representadas na Figura 24.

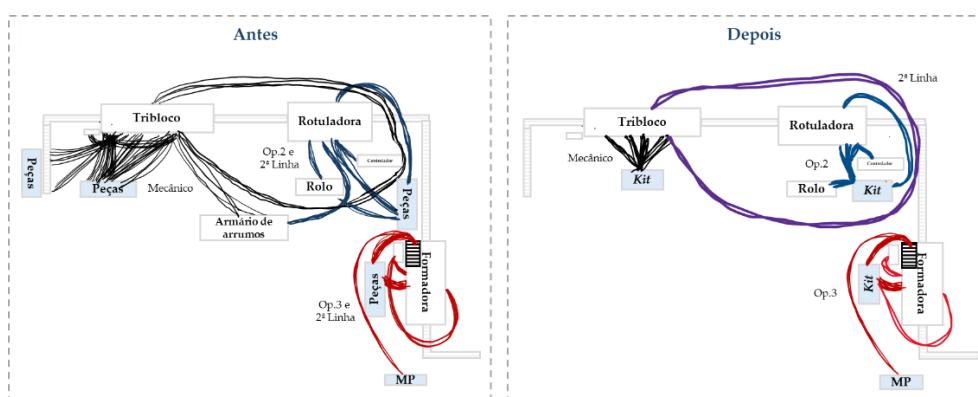


Figura 5.10 - Diagramas de esparguete antes e depois da implementação do SMED

Após testar em cinco mudanças de formato, verificou-se a consistência dos resultados, o que confirmou que os operadores e a equipa de manutenção conseguiram realizar o *setup* e as afinações em 1h43min, alcançando o objetivo definido.

Concluída a fase de testes e análise de resultados, foi desenvolvido um plano de formações para os operadores, com especial foco na utilização das *checklists* de cada equipamento, de modo a assegurar a sua capacitação para realizar os *setups* de forma uniforme e, no caso do Tribloco, reduzir a dependência exclusiva do mecânico, caso este tivesse de apoiar obrigatoriamente outra linha. As formações tiveram carácter prático e foram realizadas em contexto real de trabalho, com o objetivo de uniformizar a aplicação do método e garantir a sua replicabilidade.

Para sustentar a melhoria alcançada e assegurar o acompanhamento contínuo do indicador, o tempo objetivo de 1h43min foi registado no Quadro de *Kaizen* Diário da equipa, passando a ser monitorizado e discutido nas reuniões diárias. Em paralelo, foi ainda afixada uma matriz de competências, apresentada na Tabela 10, no quadro de *Kaizen* Diário, de forma a identificar os operadores já formados e o respetivo nível de domínio em cada equipamento. Desta forma, em caso de indisponibilidade do responsável habitual, é possível identificar rapidamente o operador mais capacitado para assegurar o *setup*, o que garante a continuidade do processo e reduz o risco de paragens prolongadas.

Tabela 5.5 - Matriz de Competências do Turno A (Exemplo)

| MATRIZ DE COMPETÊNCIAS                                                              |                                                                                                                          |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Turno                                                                               | Operador                                                                                                                 | Tribloco                                                                            | Rotuladora                                                                          | Formadora                                                                             |      |
| A                                                                                   | Operador 2                                                                                                               |  |  |  | 33%  |
| A                                                                                   | Operador 3                                                                                                               |  |  |  | 33%  |
| A                                                                                   | Mecânico                                                                                                                 |  | -                                                                                   | -                                                                                     | 100% |
| A                                                                                   | Eletricista                                                                                                              |  | -                                                                                   | -                                                                                     | 100% |
| A                                                                                   | 2ª Linha                                                                                                                 |  |  |  | 75%  |
|  | Iniciante – Possui apenas conhecimentos básicos e necessita de orientação para executar a tarefa.                        |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |      |
|  | Básico – Consegue executar algumas etapas, mas ainda precisa de orientação frequente.                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |      |
|  | Intermediário – Consegue desempenhar a tarefa com alguma autonomia, embora ainda precise de apoio pontual ou supervisão. |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |      |
|  | Avançado – Executa a tarefa de forma autónoma e consistente, podendo também formar ou apoiar outros operadores.          |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |      |

## LINHAS SEMI-AUTOMÁTICAS

De seguida, o estudo centrou-se em duas das quatro linhas semi-automáticas de embalagem da unidade industrial, designadas por Linha G e Linha I. Ambas são responsáveis pelo enchimento e embalagem de garrações de óleo alimentar de 10 litros, embora cada uma opere com um formato de garrafão distinto. Em comparação com as linhas automáticas, estas linhas possuem postos manuais e apresentam um volume de produção inferior, decorrente de uma procura mais reduzida, pelo que não operam em todos os turnos.

### 6.1 *Layout* da Área de Embalamento Semi-Automático

A área de embalamento semi-automático da unidade produtiva apresenta um *layout* por família de produtos, também designado *layout* celular, uma vez que cada linha de produção está dedicada a referências distintas e possui os recursos necessários à sua execução. As quatro linhas semi-automáticas, operam em paralelo e cada uma está equipada com uma enchedora, um capsulador, uma máquina de marcação e uma rotuladora, bem como com postos de trabalho manuais para abastecimento, paletização e movimentação de materiais.

As Linhas G e I, seguem uma configuração linear, em que os postos de trabalho estão dispostos em sequência ao longo de um percurso retilíneo. O *layout* físico é contínuo e orientado numa única direção, sem retorno ao ponto de origem.

#### 6.1.1 Funcionamento das Células de Trabalho

A linha G, como representado na figura 25, é composta por uma sequência de operações que combinam equipamentos automáticos com tarefas manuais, executadas por um total de três operadores. O processo tem início com a despaletização de uma palete com 100

garrações, seguida da alimentação manual da linha, em que um dos operadores coloca oito garrações de cada vez no início do circuito. Estes seguem então para a enchedora automática, que realiza o enchimento simultâneo das oito unidades.

Após o enchimento, as cápsulas são colocadas automaticamente e apertadas por um roscador. Seguem depois para duas máquinas distintas, uma de marcação, onde são impressos a data de validade e o número de lote, e outra de rotulagem, responsável pela aplicação do rótulo.

A fase final é assegurada por um operador, responsável pela paletização manual dos garrações em paletes de 56 unidades, dispostas em duas filas de 28. No fim, as paletes são envolvidas com fita cola, e o transporte para a zona de expedição é feito pelo terceiro operador, com o apoio de um empilhador. Durante esse período, o segundo operador permanece em espera até que o empilhador retorne, para que possam iniciar a montagem de uma nova paleta. O empilhador, além de posicionar as paletes, eleva-as devido ao peso dos garrações, o que permite um movimento de paletização mais ergonómico. Esta necessidade de elevação justifica a espera pelo empilhador para a colocação e ajuste das paletes.

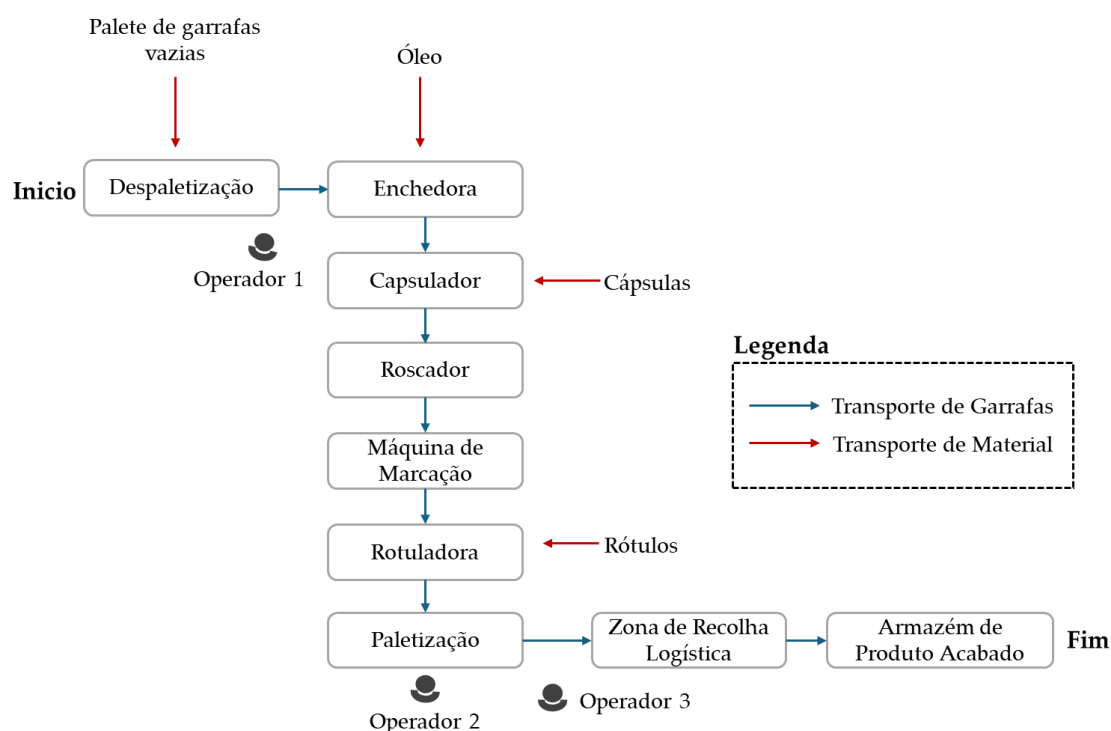


Figura 6.1 - Representação do fluxo da linha G

A linha I apresenta um funcionamento semelhante, embora com grau de automatização e organização das tarefas diferentes. Como representado na figura 26, esta linha é operada

por apenas um operador, que coloca os garrafões um a um no início da linha, sendo depois encaminhados para a enchedora automática, que realiza o enchimento individual de cada unidade. A capacidade da linha no início do ciclo é limitada a um máximo de quatro garrafões em simultâneo, circunstância que exige do operador uma atenção constante para evitar interrupções no fluxo. A cápsula é colocada manualmente e posteriormente apertada por um roscador automático. Depois de marcados e rotulados automaticamente, os garrafões seguem por um tapete transportador, com capacidade máxima para 20 unidades. Quando esta capacidade é atingida, o operador é obrigado a interromper a linha para iniciar a paletização manual. Os garrafões são organizados em grupos de 80 unidades por palete, dispostos em quatro filas de 20 unidades. Finalizada esta operação, a paleta é envolvida em filme plástico e transportada pelo operador para a zona de recolha, com o auxílio de um porta-paletes.

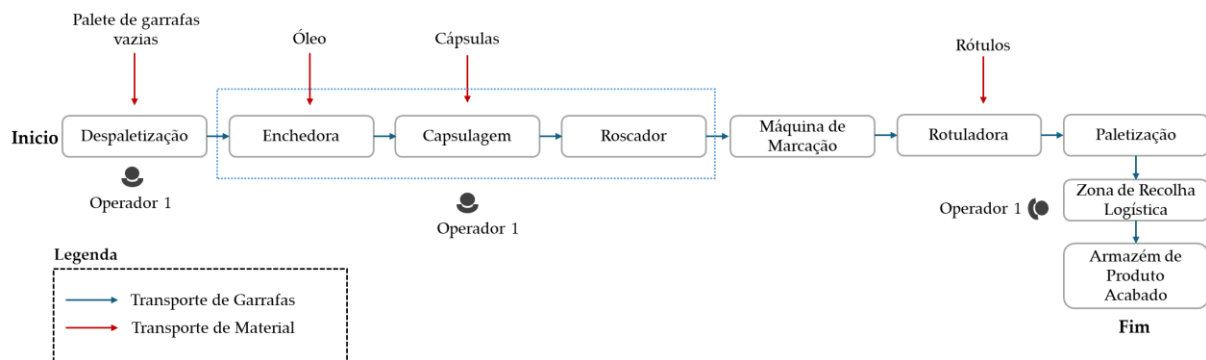


Figura 6.2 - Representação do fluxo da linha I

No que diz respeito à cadência, ambas as linhas têm como *bottleneck* a enchedora, sendo este o equipamento que define o ritmo de produção da linha. Na linha G, a velocidade teórica da enchedora é de aproximadamente 640 unidades por hora, o que corresponde a um tempo médio de enchimento por garrafão de cerca de 5,6 segundos. Já na linha I, a cadência teórica é significativamente inferior, situando-se nas 144 unidades por hora, o que se traduz num tempo médio de enchimento de aproximadamente 25 segundos por unidade.

## 6.2 Linha G

Com o objetivo de aumentar o OEE da Linha G, foi realizado um *Kaizen Event* de três dias, envolvendo uma equipa multidisciplinar da empresa X dedicada a identificar os principais desafios operacionais, alinhar objetivos de melhoria e desenvolver soluções. Previamente ao *workshop*, foi efetuada a análise do OEE e o mapeamento da situação atual da linha, de

forma a clarificar o desafio e, posteriormente, trabalhar em conjunto com a equipa na identificação das causas-raiz do problema e nas respetivas soluções.

### 6.2.1 OEE

Para avaliar o desempenho produtivo da linha em estudo, é realizada uma análise do indicador OEE, com base nos dados históricos de 2024.

Em 2024, o tempo de abertura da linha G foi de 4512 horas, das quais 556,6 horas corresponderam a tempos de paragem não planeada. Deste modo, a disponibilidade da linha foi de 87,7%, conforme a Equação 2.2.

Durante o tempo efetivo de operação (3955,4 horas), a linha produziu um total de 1.055.831 unidades. Considerando uma velocidade teórica de 640 unidades por hora, a produção esperada para esse período seria de 2.531.456 unidades. Assim, a performance foi de apenas 41,7%, ao aplicar a equação 2.3.

Com base nos valores de disponibilidade e performance, e assumindo uma taxa de qualidade próxima de 100%, o OEE da linha A foi de aproximadamente 37%.

Conclui-se que a performance é o fator que mais influencia negativamente o OEE, dado o desvio significativo face ao ritmo de produção esperado.

### 6.2.2 Mapeamento do Estado Atual e Identificação de Problemas

Com o objetivo de contextualizar o problema e identificar oportunidades de melhoria, foi realizado o mapeamento do estado inicial do processo de embalamento da linha G, com o apoio de ferramentas *Lean*.

A primeira análise feita foi ao modo operatório atualmente feito na linha. Assim, recorreu-se ao *Standard Work Combination Chart* que permitiu analisar a sequência e sobreposição entre trabalho manual, deslocações e tempo de máquina, avaliando a utilização do tempo de ciclo em relação ao *Takt Time* e a existência de tempos ociosos ou conflitos de tarefas.

A realização dos *Standard Work Combination Charts* foi suportada por observação direta no Gemba, realizada entre os dias 14 e 25 de abril de 2025, em diferentes turnos, o que garantiu uma amostragem representativa do funcionamento da linha. Para além da observação, foram cronometrados os tempos de ciclo das operações manuais e automáticas, bem como levantados os recursos técnicos e humanos afetos à linha.

A Tabela 11 apresenta os tempos de ciclo observados para cada uma das operações, bem como a máquina ou o operador responsável. Estes tempos refletem medições médias por unidade e consideram condições normais de operação em ambiente produtivo.

Tabela 6.1 - Tempo de ciclo correspondente a cada etapa da Linha G

|                  | Tarefas                                             | Operador / Máquina    | Tempo de ciclo (seg/uni) |
|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Despaletização   | Trazer palete para zona de enchimento (100 uni)     | Op. 1                 | 1 seg                    |
|                  | Tirar filme e cartão                                | Op. 1                 | 1 seg                    |
| Enchimento       | Abastecer 8 garrações no enchimento                 | Op. 1                 | 2 seg                    |
|                  | Enchimento e recuperação                            | Enchedora             | 7 seg                    |
| Capsulagem       | Transporte para capsulador                          | Tapete                | 5 seg                    |
|                  | Capsulagem                                          | Capsulador e Roscador | 5 seg                    |
| Marcação         | Transporte para marcação                            | Tapete                | 5 seg                    |
|                  | Marcação                                            | Máq. De Marcação      | 1 seg                    |
| Rotulagem        | Transporte para rotulagem                           | Tapete                | 4 seg                    |
|                  | Rotulagem                                           | Rotuladora            | 1 seg                    |
| Paletização      | Transporte até ao final da linha                    | Tapete                | 5 seg                    |
|                  | Colocar garrafão na paleta                          | Op. 2                 | 4 seg                    |
|                  | Colocar caixa de cartão e fita cola na paleta final | Op. 3                 | 0,5 seg                  |
|                  | Montar caixas de cartão                             | Op. 3                 | 1 seg                    |
| Transporte final | Transporte paleta final                             | Op. 3                 | 1 seg                    |
|                  | Recolher paletes vazias                             | Op. 3                 | 0,5 seg                  |

Considerando que a linhas G não opera de forma contínua ao longo do tempo, foi realizada uma análise da procura e do tempo efetivo de funcionamento ao longo do ano de 2024. Com base nessa análise, estimou-se uma média semanal de 30000 unidades pedidas, para um total médio de 100 horas de funcionamento semanal (13 turnos). Com estes valores, determina-se um *Takt Time* de 12 segundos por unidade, de acordo com a Equação 2.1.

Com base nos tempos medidos e no *takt time*, foi construído o *Standard Work Combination Chart* do processo atual, apresentado na Figura 27 e, em mais detalhe no Apêndice B. O gráfico encontra-se organizado pela sequência das tarefas, no qual se representam o tempo de máquina, o tempo de trabalho manual e as deslocções do operador, conforme indicado na legenda, em comparação com a linha de referência do *takt time*. Na parte inferior encontram-se ainda representados os tempos de espera do *bottleneck*, a enchedora, e dos três operadores da linha.

| Linha G     |                                                   |     |             |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
|-------------|---------------------------------------------------|-----|-------------|---------|------------|-------------------------|------------|---|---|---|---|--------------------------|----|----|----|----|----|--|
| Takt Time   | 12 seg                                            |     |             |         | Manual     | Automático              | Deslocação |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| Cycle Time  | 9 seg                                             |     |             |         |            | -----                   | ~~~~~      |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| Sequência   | Tarefa                                            | Op. | Tempo (seg) |         |            | 1                       | 2          | 3 | 4 | 5 | 6 | 7                        | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |  |
|             |                                                   |     | Manual      | Máquina | Deslocação |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 1           | Trazar paleta para a zona de enchimento           | 1   |             |         | 1          |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 2           | Tirar filme e cartão                              | 1   | 1           |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 3           | Abastecer 8 garrações                             | 1   | 2           |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 4           | Enchimento                                        | -   |             | 7       |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 5           | Capsulagem                                        | -   |             | 5       |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 6           | Marcação + Rotulagem                              | -   |             | 3       |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 7           | Colocar garrafão na paleta                        | 2   | 4           |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 8           | Colocar cartão final e selar paleta com fita cola | 2   | 0,5         |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 9           | Transporte da paleta de produto acabado           | 3   |             |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 10          | Recolher paletes vazias                           | 3   |             |         | 0,5        |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| 11          | Montar Caixas de Cartão                           | 3   | 1           |         |            |                         |            |   |   |   |   |                          |    |    |    |    |    |  |
| Total (seg) |                                                   |     | 8,5         |         | 2,5        | Espera da máquina (seg) |            |   |   |   |   | Espera do operador (seg) |    |    |    |    |    |  |
|             |                                                   |     |             |         |            | 2                       |            |   |   |   |   | Op                       | Op | Op |    |    |    |  |
|             |                                                   |     |             |         |            | 5                       |            |   |   |   |   | 4                        | 5  |    |    |    |    |  |

Figura 6.3 - Standard Work Combination Chart da linha G atual

Com base no gráfico, conclui-se que, durante a atividade de despaletização realizada pelo Operador 1, existe um tempo significativo de espera das máquinas (2 segundos por garrafão), durante o qual a linha permanece inativa, assim como os Operadores 2 e 3.

Embora aparentemente reduzido, este tempo traduz-se, ao longo de uma hora, na perda de aproximadamente 114 garrações de produção.

Adicionalmente, observa-se um tempo de espera de 2 segundos por garrafão por parte do Operador 2 no posto de paletização. Este tempo ocioso resulta da ausência temporária de paletes disponíveis na área de paletização, uma vez que foram removidas com o produto acabado e ainda não foram repostas com o auxílio do empilhador. Esta dependência do equipamento logístico, quando conjugada com imprevistos ou atrasos na reposição, pode originar a acumulação de garrações na linha, o que conduz a situações de *blocking* e compromete o fluxo produtivo.

No que diz respeito ao Operador 3, verifica-se um tempo de espera de 3 segundos por garrafão, enquanto o Operador 2 realiza a paletização.

Após esta análise, realizou-se a primeira sessão de *workshop* com a equipa, na qual foram avaliados o modo de funcionamento da linha e os indicadores de desempenho. Em seguida, aplicou-se em conjunto com a equipa a ferramenta dos 5 *Whys* para identificar a causa-raiz do problema, sintetizada na Tabela 12.

Tabela 6.2 - 5 Porquês da linha G

| Problema Inicial: Baixo valor de OEE |                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Porquê?                              | Porque a performance efetiva da linha é apenas 41,7%, muito inferior ao potencial teórico.                                                                                      |
| Porquê?                              | Porque existem tempos de espera tanto das máquinas como dos operadores.                                                                                                         |
| Porquê?                              | Porque na despaletização a linha permanece inativa ~2 s/garração e no posto de paletização o Operador 2 enfrenta esperas devido à indisponibilidade de paletes.                 |
| Porquê?                              | Porque as tarefas não estão balanceadas: o Operador 3 fica inativo ~3 s/garração enquanto o Operador 2 paletiza, o que mostra falta de sincronização e desperdício de recursos. |
| Porquê?                              | Porque não existe um método de trabalho <i>standard</i> orientado para o fluxo, mantendo-se práticas empíricas e dependência do empilhador.                                     |

Assim, a aplicação da ferramenta permitiu concluir que o baixo OEE da linha G tem como causa raiz a ausência de um método de trabalho *standard* orientado para o fluxo, o que evidencia a necessidade de redistribuir as tarefas de forma a reduzir os desperdícios associados à inatividade de máquinas e operadores.

Face a este diagnóstico, foi definido como objetivo aumentar a performance em 10 pontos percentuais, meta considerada suficientemente ambiciosa para gerar impacto no OEE, mas realista face às ineficiências identificadas.

### 6.2.3 Proposta de Melhoria

Face ao mapeamento da situação atual e ao levantamento das oportunidades de melhoria, na segunda sessão de *workshop*, foi desenvolvido em equipa um novo modo operativo no qual se assegura o funcionamento contínuo da linha e se minimizam os tempos de inatividade dos operadores. Na figura 28 e no Apêndice B está apresentado o *Standard Work Combination Chart* futuro.

Este novo modelo é sustentado pela redefinição dos papéis dos três operadores. Um deles passa a desempenhar funções logísticas, sendo responsável por todas as atividades que não interferem diretamente com o funcionamento da linha, como a despaletização, a selagem final da paleta, o transporte para o armazém, a recolha de paletes vazias e a montagem das caixas de cartão. Os outros dois operadores ficam alocados exclusivamente à alimentação e à paletização, de modo a assegurar uma presença contínua e sincronizada nas operações críticas da linha. Esta reorganização elimina o tempo de espera da máquina e garante a sua plena utilização enquanto recurso crítico do processo.

| Linha G    |                                                   |     |             |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
|------------|---------------------------------------------------|-----|-------------|---------|------------|-------------------------|------------|---|--------------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Takt Time  | 12 seg                                            |     |             |         | Manual     | Automático              | Deslocação |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Cycle Time | 7 seg                                             |     |             |         |            | -----                   | ~~~~~      |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Sequência  | Tarefa                                            | Op. | Tempo (seg) |         |            | 1                       | 2          | 3 | 4                        | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|            |                                                   |     | Manual      | Máquina | Deslocação |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 1          | Trazer palete para a zona de enchimento           | 3   |             |         | 1          |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 2          | Tirar filme e cartão                              | 3   | 1           |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 3          | Abastecer 8 garrações                             | 1   | 2           |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 4          | Enchimento                                        | -   |             | 7       |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 5          | Capsulagem                                        | -   |             | 5       |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 6          | Marcação + Rotulagem                              | -   |             | 3       |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 7          | Colocar garrafão na palete                        | 2   | 4           |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 8          | Colocar cartão final e selar palete com fita cola | 3   | 0,5         |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 9          | Transporte da palete de produto acabado           | 3   |             |         | 1          |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 10         | Recolher paletes vazias                           | 3   |             |         | 0,5        |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
| 11         | Montar Caixas de Cartão                           | 3   | 1           |         |            |                         |            |   |                          |   |   |   |   |   |    |    |    |
|            | Total (seg)                                       |     | 8,5         |         | 2,5        | Espera da máquina (seg) |            |   | Espera do operador (seg) |   |   |   |   |   |    |    |    |
|            |                                                   |     |             |         |            | 0                       |            |   | Op .1 Op .2 Op .3        |   |   |   |   |   |    |    |    |
|            |                                                   |     |             |         |            |                         |            |   | 5 3 2                    |   |   |   |   |   |    |    |    |

Figura 6.4 - Standard Work Combination Chart Futuro

Esta reorganização permitiu reduzir o tempo de ciclo em 2 segundos e melhorou a cadência da linha face ao *Takt Time*. Adicionalmente, foi eliminado 2 segundos o tempo de espera do operador responsável pela paletização, uma vez que, foi decidido criar uma segunda área de paletização, ou seja, passa a existir quatro paletes empilhadas previamente preparadas pelo operador logístico, que permite reiniciar de imediato uma nova paletização assim que a anterior termina.

Durante o *workshop* realizado, foi ainda discutida a possibilidade de aumentar a velocidade da máquina de enchimento. No entanto, concluiu-se que tal alteração não é viável, uma vez que velocidades superiores a 7 segundos por garrafão provocam um aumento da pressão no sistema, o que resulta na formação de ar no interior dos garrações. Esse ar ocupa volume e faz com que o óleo transborde, comprometendo a qualidade do enchimento.

Na Tabela 13 apresentam-se os dados de desempenho do *Standard Operations Combination Chart* atual e do proposto, os quais evidenciam um potencial aumento de 17,8 pontos percentuais na performance da linha em relação ao modo operatório atual, ou seja, uma melhoria de aproximadamente 28,5%.

Tabela 6.3 - Dados comparativos entre os dois modelos

|                 | Tempo de Ciclo | Taxa de Produção | Ganhos de Performance |
|-----------------|----------------|------------------|-----------------------|
| Standard Atual  | 9 seg/uni      | 400 uni/h        | -                     |
| Standard Futuro | 7 seg/uni      | 514 uni/h        | + 17,8 pp             |

Para finalizar o *workshop*, no terceiro dia, foi elaborada a instrução de trabalho detalhada, de forma a permitir a testagem do novo *Standard Work* em contexto real. Na Figura 29 e, mais em detalhe no Apêndice C, apresenta-se a proposta de instrução de trabalho, desenvolvida em conjunto com a equipa, de forma a garantir que fosse perceptível e aplicável por todos os operadores.

Em primeiro lugar, no cabeçalho da instrução encontra-se representado o tempo de ciclo, bem como o símbolo que indica a quantidade de inventário necessária em processo e os pontos de controlo de qualidade.

De seguida, do lado esquerdo, é apresentado o *layout* do posto de trabalho, que reproduz a disposição física real das máquinas e equipamentos e representa graficamente o percurso do operador ao longo do ciclo produtivo. Este elemento corresponde ao *Standard Operations Chart*, no qual se encontram numeradas as estações de trabalho na sequência correta de execução. Através desta representação é possível visualizar o fluxo do processo, identificar o posicionamento dos pontos de controlo e compreender a lógica de deslocações necessárias ao operador.

A instrução inclui ainda a listagem sequencial das tarefas, acompanhada de imagens ilustrativas de cada etapa do processo. Esta componente corresponde à *Standard Work Instruction*, estruturada com base na definição dos passos principais, na identificação do responsável por cada tarefa e na indicação da respetiva duração. A utilização de fotografias reais reforça a perceção dos detalhes críticos de execução e assegura que as instruções são claras, objetivas e aplicáveis diretamente no posto de trabalho.

A instrução distingue ainda as tarefas dentro e fora do ciclo, o que possibilita separar as operações que seguem o ritmo da produção daquelas que são atividades auxiliares, como a reposição de tabuleiros ou o pedido de reposição de material.

Assim, em consonância com o ciclo PDCA, a validação prática desta instrução em contexto real permitirá, caso os resultados se revelem positivos, avançar para a formação das equipas e para a implementação sustentada do novo modo operatório.

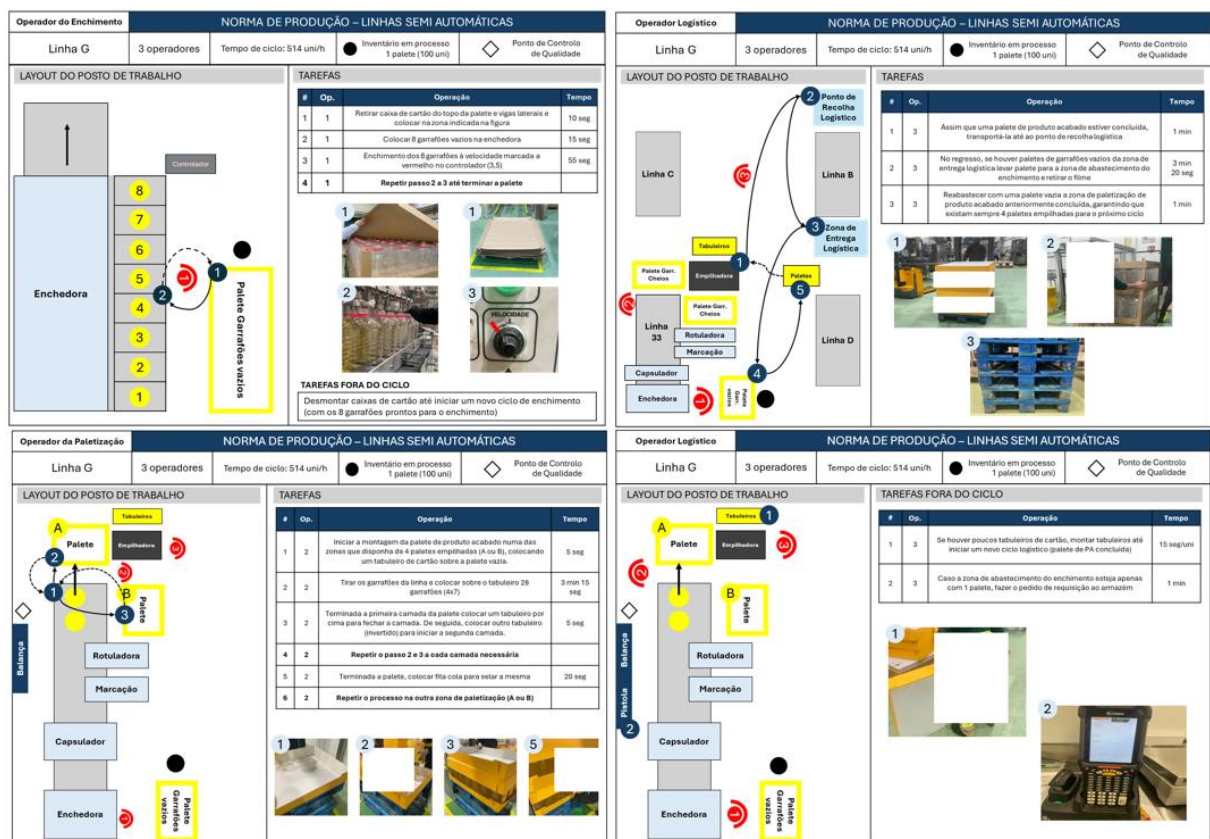


Figura 6.5 - Instrução de Trabalho da Linha G

## 6.3 Validação, Testes e Implementação

A nova instrução de trabalho foi implementada e testada durante o mês de julho de 2025. Para assegurar a sua correta aplicação, os operadores que não estiveram presentes no *workshop* receberam explicação e demonstração dos procedimentos nas reuniões de *Kaizen* Diário, conduzidas pelo chefe de linha, que garantiram a compreensão e a aplicação consistente das instruções definidas.

Durante a fase de testes, foi introduzido o uso do *Kamishibai* como ferramenta de auditoria, com o objetivo de verificar a correta execução das tarefas pelos operadores. O sistema foi integrado no quadro de *Kaizen* Diário através de cartões com perguntas de verificação do modo operativo, apresentadas na Figura 30. As auditorias passaram a ser realizadas semanalmente pelo chefe de turno e pelo chefe de embalagem em cada turno. Após a sua execução, o cartão é devolvido com o lado verde visível quando todas as instruções de trabalho estão a ser cumpridas, ou com o lado vermelho caso se identifique pelo menos um desvio.

| KAMISHIBAI – LINHA G                                                                                         |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| O operador garante que os 8 garrafões estão sempre preparados antes do início do próximo ciclo da enchedora? | <input type="checkbox"/> |
| A velocidade da enchedora está ajustada de acordo com o standard definido?                                   | <input type="checkbox"/> |
| O operador de paletização está exclusivamente dedicado à paletização dos garrafões?                          | <input type="checkbox"/> |
| As 4 paletes estão corretamente posicionadas na zona de paletização para começar uma nova paleta?            | <input type="checkbox"/> |
| Existe pelo menos uma paleta de garrafões vazios, sem filme, junto à zona de enchimento?                     | <input type="checkbox"/> |
| Estão disponíveis tabuleiros montados e separadores junto à zona de paletização?                             | <input type="checkbox"/> |
| <b>Data:</b>                                                                                                 | <b>Assinatura:</b>       |

| KAMISHIBAI – LINHA G                                                                                         |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| O operador garante que os 8 garrafões estão sempre preparados antes do início do próximo ciclo da enchedora? | <input type="checkbox"/> |
| A velocidade da enchedora está ajustada de acordo com o standard definido?                                   | <input type="checkbox"/> |
| O operador de paletização está exclusivamente dedicado à paletização dos garrafões?                          | <input type="checkbox"/> |
| As 4 paletes estão corretamente posicionadas na zona de paletização para começar uma nova paleta?            | <input type="checkbox"/> |
| Existe pelo menos uma paleta de garrafões vazios, sem filme, junto à zona de enchimento?                     | <input type="checkbox"/> |
| Estão disponíveis tabuleiros montados e separadores junto à zona de paletização?                             | <input type="checkbox"/> |
| <b>Data:</b>                                                                                                 | <b>Assinatura:</b>       |

Figura 6.6 - Cartão de Auditoria

Após a fase de testes, os resultados revelaram-se positivos, com um aumento de 11 pontos percentuais na performance da linha e, consequentemente, um aumento no OEE, o que validou o sucesso do novo modo de trabalho e confirmou o cumprimento do objetivo definido no início do *workshop*.

Concluída a fase de análise de resultados, avançou-se para a implementação definitiva do *standard*. O novo objetivo de produção e velocidade foi registado no quadro de *Kaizen* Diário e as instruções de trabalho foram afixadas junto à linha, medida que assegura aos operadores um suporte visual imediato em caso de dúvida.

## 6.4 Linha I

Tal como na Linha G, também na Linha I foi inicialmente realizada a análise do OEE e o mapeamento da situação atual, de forma a clarificar o desafio, identificar o problema e, posteriormente, desenvolver a proposta de melhoria.

### 6.4.1 OEE

No caso da linha I, em 2024, o tempo total de abertura foi de 2567 horas, das quais 247,2 horas corresponderam a paragens não planeadas. Com base nesses valores, a disponibilidade da linha foi de 90%, ao aplicar a equação 2.2.

Durante as 2.319,8 horas efetivas de produção foram fabricadas 178.050 unidades. Tendo em conta uma cadência teórica de 144 unidades por hora, a produção expectável corresponderia a 334.051 unidades, o que, pela aplicação da Equação 2.3, se traduz numa performance de 53,3%.

Assumindo uma taxa de qualidade próxima de 100%, o *OEE* da linha I atinge aproximadamente 48%.

Tal como verificado na linha G, também na linha I é a performance o fator que mais penaliza o *OEE*. A incapacidade de manter um fluxo contínuo compromete o volume efetivamente produzido face à capacidade teórica instalada.

## 6.4.2 Mapeamento do Estado Atual e Identificação de Problemas

A primeira etapa do mapeamento do estado inicial consistiu na observação direta e na cronometragem dos tempos de ciclo, que decorreram no mesmo período da Linha G, entre 14 e 25 de abril de 2025, permitindo elaborar o *Standard Work Combination Chart* da linha e analisar a sequência entre trabalho manual e automático.

A Tabela 14 apresenta os tempos de ciclo registados para cada operação, bem como o operador ou máquina responsável.

Tabela 6.4 - Tempo de ciclo correspondente a cada etapa da linha I

|                  | Tarefas                                         | Operador / Máquina | Tempo de ciclo (seg/uni) |
|------------------|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Despaletização   | Trazer palete para zona de enchimento (100 uni) | Operador Logístico | 0,05 seg                 |
|                  | Tirar filme e cartão superior                   | Op. 1              | 1 seg                    |
|                  | Abastecer garrafão na linha                     | Op. 1              | 2 seg                    |
| Enchimento       | Enchimento                                      | Enchedora          | 25 seg                   |
| Capsulagem       | Transporte para capsulador                      | Tapete             | 6 seg                    |
|                  | Abastecer Cápsula                               | Op. 1              | 2 seg                    |
|                  | Apertar cápsula                                 | Roscador           | 7 seg                    |
| Marcação         | Transporte para a máquina de marcação           | Tapete             | 12 seg                   |
|                  | Marcação                                        | Máq. De Marcação   | 1 seg                    |
| Rotulagem        | Rotulagem                                       | Rotuladora         | 2 seg                    |
| Paletização      | Transporte até ao final da linha                | Tapete             | 9 seg                    |
|                  | Colocar garrafão na paleta                      | Op. 1              | 5 seg                    |
|                  | Colocar filme na paleta                         | Op. 1              | 1 seg                    |
| Transporte final | Transporte paleta final                         | Op. 1              | 1 seg                    |
| Reposição        | Repor paleta na zona de paletização             | Op.1               | 1 seg                    |

Adicionalmente, foi estimada uma média semanal de 6000 unidades pedidas para a Linha I, com cerca de 60 horas de funcionamento (8 turnos), o que corresponde a um *takt time* de 36 segundos por unidade.

Com base nos tempos medidos e no *takt time*, construiu-se o *Standard Work Combination Chart* atual da linha, apresentado na Figura 31 e no Apêndice B.

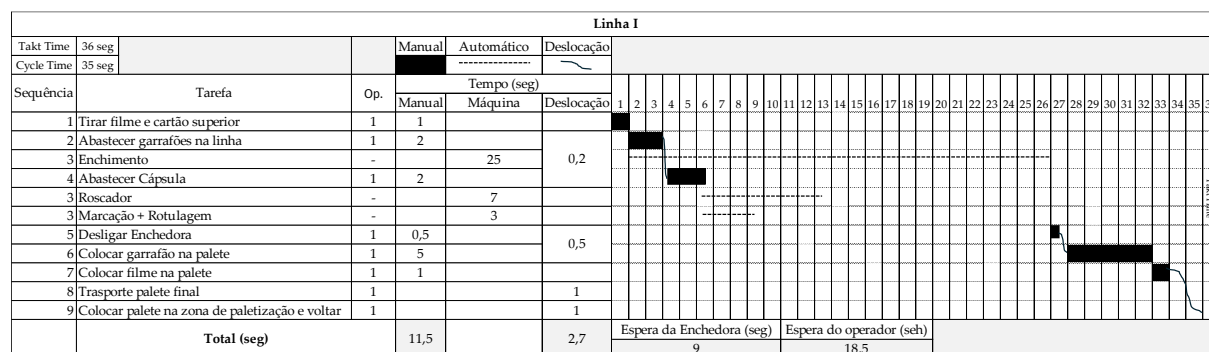


Figura 6.7 - *Standard Work Combination Chart* da linha I

A análise do método de trabalho revelou que, para evitar deslocações constantes e movimentos excessivos entre o início e o final da linha, o operador opta por interromper o funcionamento da enchedora para realizar a paletização em blocos de 20 garrações, em vez de o fazer de forma contínua, unidade a unidade. Esta decisão operacional, embora compreensível do ponto de vista ergonómico, resulta num tempo de ciclo de 35 segundos, significativamente superior ao tempo de enchimento da máquina (25 segundos), e origina um tempo acumulado de 9 segundos de espera da máquina por garrafão. Esta situação evidencia a necessidade de uma reorganização do posto de trabalho, nomeadamente através da redução das deslocações e da garantia de continuidade do fluxo.

Complementarmente, foi elaborado um diagrama de esparguete referente ao operador afeto à linha, apresentado na Figura 32, com o objetivo de mapear os percursos efetuados pelo mesmo.

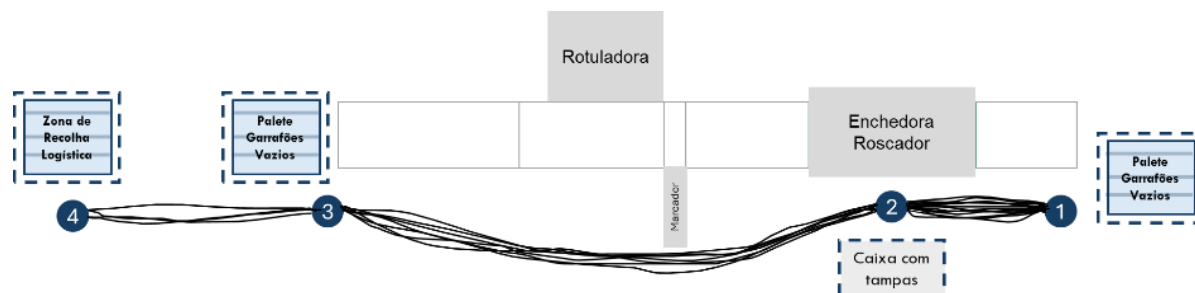


Figura 6.8 - Diagrama de Esparguete do operador da linha I

Com a análise do diagrama e do modo operatório atual, conclui-se, assim, que na Linha I os principais problemas estão associados às deslocações excessivas do operador, decorrentes da disposição física dos postos de trabalho, e às paragens prolongadas da linha, resultantes da acumulação de tarefas num único recurso. Esta configuração aumenta o tempo de ciclo, origina períodos de espera da máquina durante a paletização e intensifica o esforço físico do operador, comprometendo a performance global da linha.

### 6.4.3 Proposta de Melhoria

Com o objetivo de mitigar estas limitações e reduzir as deslocações do operador, foi aplicada a ferramenta *Simplified Systematic Layout Planning (SSLP)*, utilizada no planeamento de *layouts* industriais para avaliar, de forma estruturada, alternativas de configuração física. O método permitiu identificar e quantificar as relações de proximidade desejáveis entre os diferentes postos de trabalho, ponderando fatores críticos como ergonomia, restrições de espaço, ligação ao tanque de óleo, abastecimento elétrico e requisitos logísticos.

Na primeira etapa, foi elaborado o *Relationship Chart*, apresentado na Figura 33, no qual se atribuíram graus de proximidade às interações entre os diferentes postos, tendo em conta a relevância operacional e a movimentação tanto de materiais como do operador.

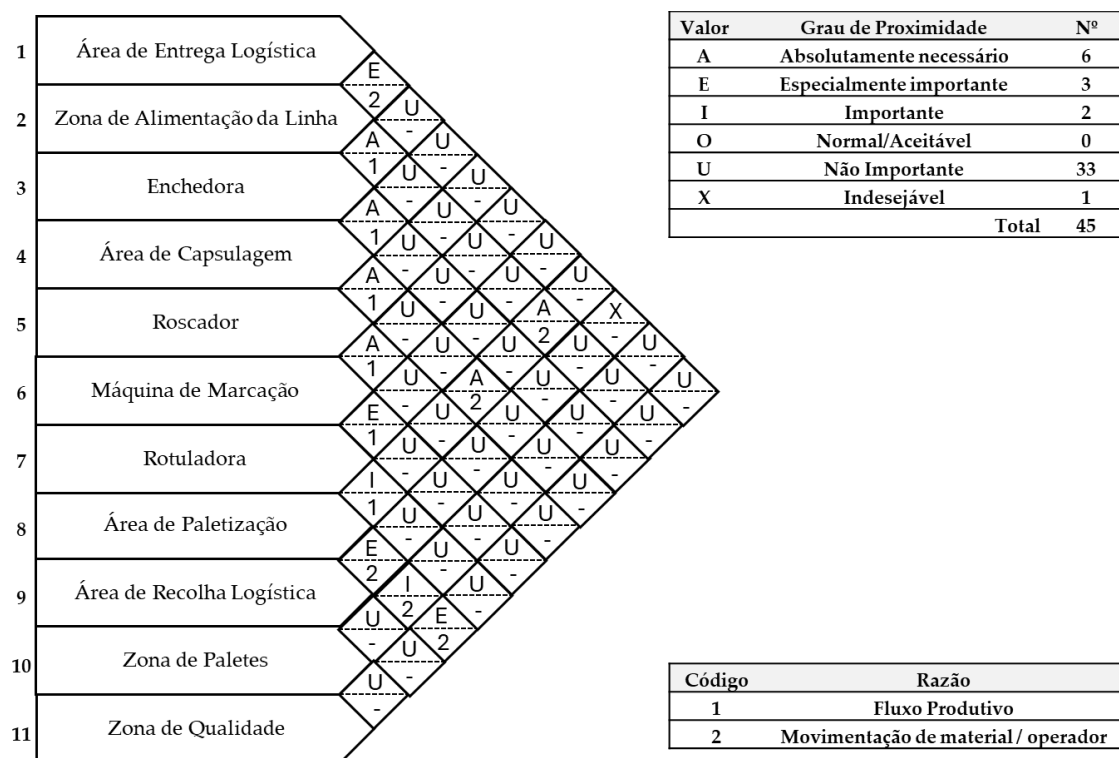


Figura 6.9 - Relationship Chart

Na segunda etapa, desenvolveu-se o *Activities Area and Features Sheet*, apresentado na Tabela 15, onde foram registradas as áreas necessárias, as exigências de energia elétrica e ligações ao tanque de óleo, bem como as características e restrições de cada posto. Nesta fase, salientaram-se a restrição física da Área de Entrega Logística e da Área de Recolha Logística, ambas com distâncias fixas em relação à linha, a existência de um único equipamento que integra a enchedora, a zona de capsulagem e do roscador, o que condiciona a disposição sequencial dos postos, e a necessidade de áreas de manobra para porta-paletes em diferentes pontos da célula.

Tabela 6.5 - *Activities Area and Features Sheet*

| <i>Activities Area and Features Sheet</i> |                              | Área           | Energia Elétrica                                             | Ligação ao tanque de óleo                          | Ergonomia | Linha I                                                                                                    |
|-------------------------------------------|------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nº                                        | Nome                         | Total:<br>21,7 | A - Absolutamente necessário<br>E - Especialmente importante | I - Importante<br>O - Normal<br>- - Não Importante |           | Características e Restrições                                                                               |
| 1                                         | Área de Entrega Logística    | 5              |                                                              |                                                    |           | Distância fixa de 1 m <sup>2</sup> do espaço disponível para a linha<br>Área de manobra para porta-paletes |
| 2                                         | Zona de Alimentação da Linha | 2.5            | -                                                            | -                                                  | O         | Espaço para uma paleta e operador                                                                          |
| 3                                         | Enchedora                    | 4              | A                                                            | A                                                  | -         | Máquina única com a enchedora e roscador, com porta para colocação da cápsula.                             |
| 4                                         | Área de Capsulagem           |                | -                                                            | -                                                  | O         |                                                                                                            |
| 5                                         | Roscador                     |                | A                                                            | -                                                  | -         |                                                                                                            |
| 6                                         | Máquina de Marcação          | 0.2            | A                                                            | -                                                  | -         | Máquina móvel                                                                                              |
| 7                                         | Rotuladora                   | 0.5            | A                                                            | -                                                  | -         | Máquina móvel                                                                                              |
| 8                                         | Área de Paletização          | 3              | -                                                            | -                                                  | A         | Espaço para uma paleta e um operador<br>Espaço de manobra de porta-paletes                                 |
| 9                                         | Área de Recolha Logística    | 4              | -                                                            | -                                                  | -         | Distância fixa de 4 m <sup>2</sup> do espaço disponível para a linha<br>Área de manobra para porta-paletes |
| 10                                        | Zona de paletes              | 2              | -                                                            | -                                                  | -         | Área de manobra para porta-paletes                                                                         |
| 11                                        | Zona de Qualidade            | 1.5            | -                                                            | -                                                  | -         | Espaço para uma mesa e um operador                                                                         |

Na terceira etapa, elaboraram-se os Diagramas de Relação, representando graficamente os graus de proximidade atribuídos, onde três linhas correspondem ao grau A (absolutamente necessário), duas ao grau E (especialmente importante) e uma ao grau I (importante). Uma linha ondulada indica que a proximidade é indesejável.

Foram desenvolvidas duas hipóteses de *layout*, ambas considerando as necessidades específicas das máquinas que requerem proximidade ao tanque de óleo e às ligações elétricas, assim como a área de manobra necessária para os porta-paletes em determinadas zonas.

**Hipótese A** – apresentada na figura 34, privilegia a proximidade entre a Área de Paletização e a Área de Recolha Logística, tendo em conta que estas zonas se encontram fisicamente afastadas. Para além disso, esta configuração reduz também a distância entre a zona de alimentação, a capsulagem e a paletização, o que resulta no encurtamento dos percursos atualmente realizados pelo operador.

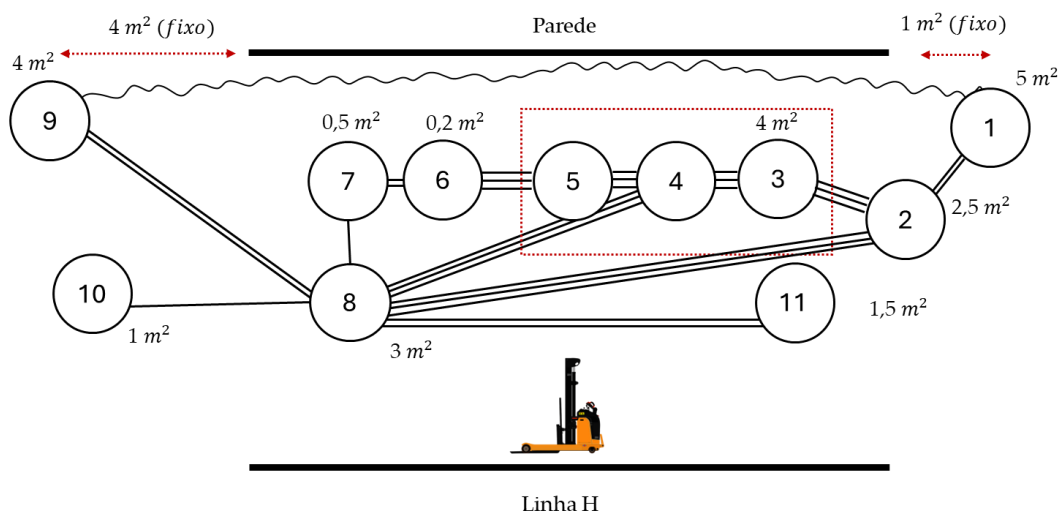


Figura 6.10 - Hipótese A (Layout em L)

**Hipótese B** – representada na Figura 35, dá maior importância à proximidade entre a zona de capsulagem e a zona de paletização, assim como entre a zona de alimentação da linha e a paletização. Embora a área de paletização fique mais distante da zona de recolha logística, esta interação ocorre com menor frequência, pelo que não exige um grau de proximidade tão elevado.

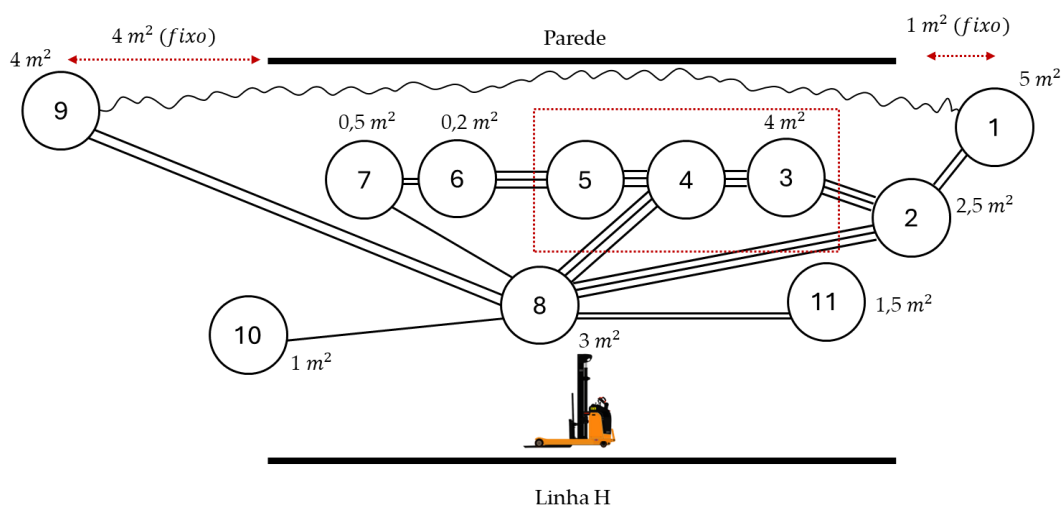


Figura 6.11 - Hipótese B (Layout em U)

Por fim, procedeu-se à avaliação das alternativas com base em fatores como a movimentação do operador, a movimentação de material e a adequação ao espaço disponível, considerando as limitações existentes.

Relativamente à movimentação do operador, a Hipótese B obteve uma pontuação superior por eliminar a distância entre a zona de capsulagem e a zona de paletização. Apesar de a distância até à zona de recolha logística ser superior, este movimento é menos frequente e apresenta menor criticidade operacional.

No que respeita à movimentação de material, a Hipótese A apresenta uma pontuação mais elevada, uma vez que o fluxo se limita à deslocação entre a zona de paletização e a zona de recolha logística, sendo a distância a percorrer inferior à verificada na Hipótese B.

Quanto ao ajuste ao espaço disponível, a Hipótese B revelou maior adequação, dado que a Hipótese A ocupa maior largura da área produtiva, limitando a circulação do porta-paletes numa zona semi-automática com espaço reduzido.

O resultado atribuiu 45 pontos à Hipótese A e 63 pontos à Hipótese B, conforme apresentado na Tabela 16. A pontuação mais elevada obtida pela Hipótese B confirma a sua maior adequação às necessidades operacionais e às restrições existentes, sendo esta a configuração que melhor contribui para o objetivo definido.

Tabela 6.6 - Avaliação das Alternativas

| Nº    | Fator                             | Peso | A  | B  |
|-------|-----------------------------------|------|----|----|
| 1     | Movimentação do Operador          | 10   | O  | E  |
|       |                                   |      | 10 | 30 |
| 2     | Movimentação de Material          | 9    | E  | O  |
|       |                                   |      | 27 | 9  |
| 3     | Ajuste ideal ao espaço disponível | 8    | O  | E  |
|       |                                   |      | 8  | 24 |
| Total |                                   |      | 45 | 63 |

| Letra | Descrição da Avaliação | Pontos |
|-------|------------------------|--------|
| A     | Quase Perfeito         | 4      |
| E     | Especialmente bom      | 3      |
| I     | Importante             | 2      |
| O     | Normal/Aceitável       | 1      |
| U     | Não Importante         | 0      |
| X     | Inadmissível           | -      |

A Hipótese B corresponde a um *layout* em U, no qual a proximidade física entre a zona de alimentação, as operações de capsulagem e a área de paletização reduz significativamente as deslocações do operador e elimina percursos longos entre o início e o fim da linha. Esta disposição permite realizar a paletização de forma contínua, sem necessidade de interromper a enchedora, o que assegura a estabilidade do fluxo e elimina os tempos de espera da máquina.

Assim, a única paragem remanescente corresponde aos 3 segundos por garrafão necessários para a filmagem da paleta, transporte até à zona de recolha logística e a reposição da paleta.

Deste modo, o tempo de ciclo da linha passa a ser determinado pelo *bottleneck*, a enchedora (25 segundos), acrescido da componente logística (3 segundos), o que totaliza 28 segundos por garrafão.

O *layout* final proposto encontra-se na figura seguinte, Figura 36.

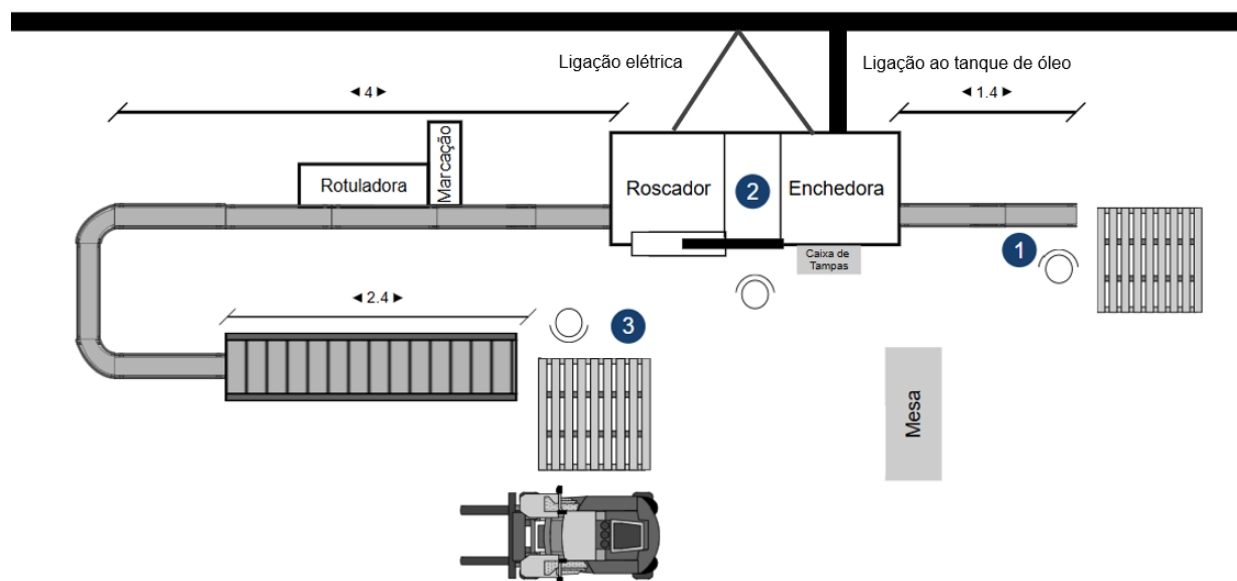


Figura 6.12 - *Layout* Final da Linha I

A Tabela 17 compara os dados de desempenho do *layout* linear atual com o *layout* proposto, no qual se evidencia um potencial aumento de 17 pontos percentuais na performance da linha (equivalente a um acréscimo relativo de 24%) e uma redução de 15 metros percorridos por paleta pelo operador.

Tabela 6.7 - Dados comparativos entre os dois *layouts*

|                      | Tempo de Ciclo | Taxa de Produção | Ganhos de Performance | Distância Percorrida (m) |
|----------------------|----------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| <i>Layout</i> Atual  | 35 seg/uni     | 103 uni/h        | -                     | 40 m/paleta              |
| <i>Layout</i> Futuro | 28 seg/uni     | 128 uni/h        | +17 pp                | 25 m/paleta              |

## 6.5 Validação

Na Linha I, o *layout* proposto foi apresentado às chefias e à equipa de segurança da empresa, tendo sido validado e aceite como solução viável. No entanto, à data do presente estudo,

a alteração ainda não tinha sido executada em contexto real, pelo que não foi possível obter resultados quantitativos da sua aplicação. Ainda assim, a aprovação formal estabelece condições favoráveis para a implementação futura e assegura que os ganhos identificados possam ser materializados numa fase posterior.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 Resultados

#### 7.1.1 Linha E

Após a aplicação da metodologia *SMED* na mudança de formato, os resultados obtidos foram bastante positivos, conforme apresentado no gráfico da figura 37. O novo *standard* passou a ser aplicado a partir da semana 27, em julho.

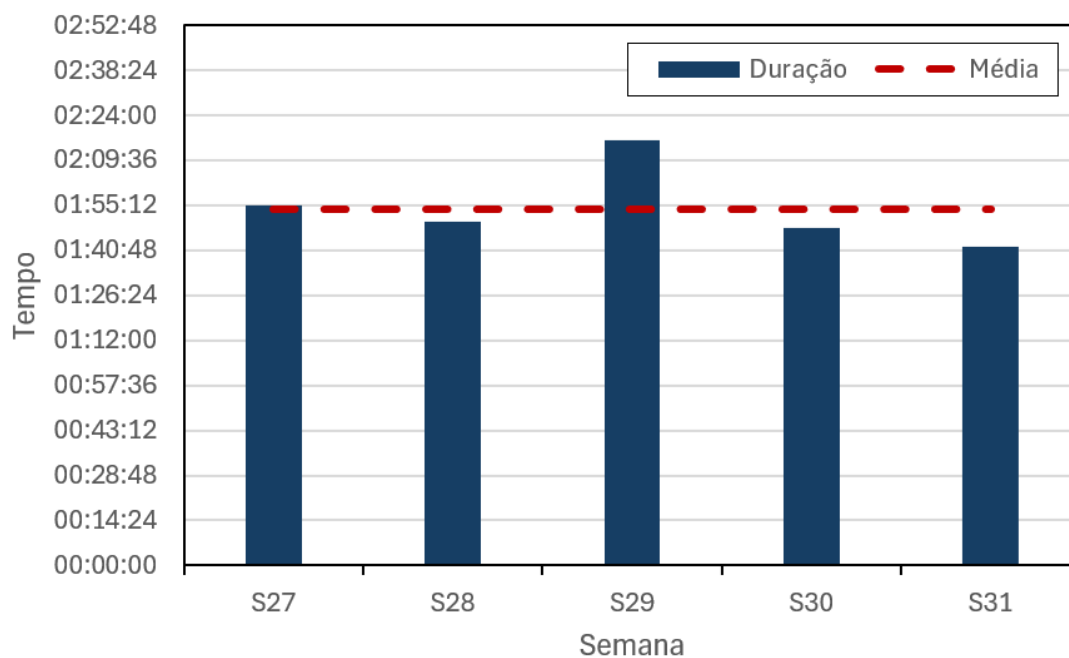


Figura 7.1 - Tempo de médio de *setup* semanal após implementação de *SMED*

Durante o período analisado, o tempo médio de *setup* foi de 1 hora e 54 minutos, valor próximo do objetivo definido de 1 hora e 43 minutos. Comparando com a média anterior apresentada na Figura 16, verificou-se uma redução de 1 hora e 56 minutos, correspondente a uma diminuição de 50% no tempo médio de *setup*. Considerando que no mês de julho foram realizados cinco *setups*, esta redução representou um ganho de 9 horas e 30 min de capacidade produtiva, o que, tendo em conta a cadência média da linha nesse mês (8110 garrafas/h), corresponde a aproximadamente mais 77 mil garrafas produzidas nesse mês.

Em termos de OEE, em julho a linha registou um valor de 52%, com disponibilidade de 70% e performance de 74%. O tempo de *setup* representou 5% do total de paragens, o que impactou cerca de 1 ponto percentual no OEE. Quando comparado com o período homólogo, em que o OEE foi de 43%, com disponibilidade de 60% e performance de 70%, observa-se uma melhoria global de 9 pontos percentuais, sendo a disponibilidade o fator que mais contribuiu para esse aumento. Importa ainda salientar que, no mesmo mês de 2024, foram realizados apenas quatro *setups*, que representaram 15% do tempo de paragens e tiveram um impacto de cerca de 4 pontos percentuais no OEE, o que reforça ainda mais a relevância da melhoria alcançada.

Em síntese, a aplicação das ferramentas na Linha E permitiu alcançar os objetivos definidos, tendo-se verificado um aumento do OEE decorrente da redução expressiva do tempo de *setup* e da normalização das tarefas associadas ao processo.

### 7.1.2 Linha G

No que respeita à Linha G, observa-se no gráfico da figura 38 uma evolução positiva da performance e do OEE no período homólogo. A performance aumentou 11 pontos percentuais, passando de 40% em julho de 2024 para 51% em julho de 2025, e alcançou a meta definida no início do *workshop*, enquanto a disponibilidade se manteve estável em 85%. Como consequência, o OEE registou um acréscimo de 9 pontos percentuais, evoluindo de 34% para 43% no mesmo período, como podemos concluir na tabela 18.

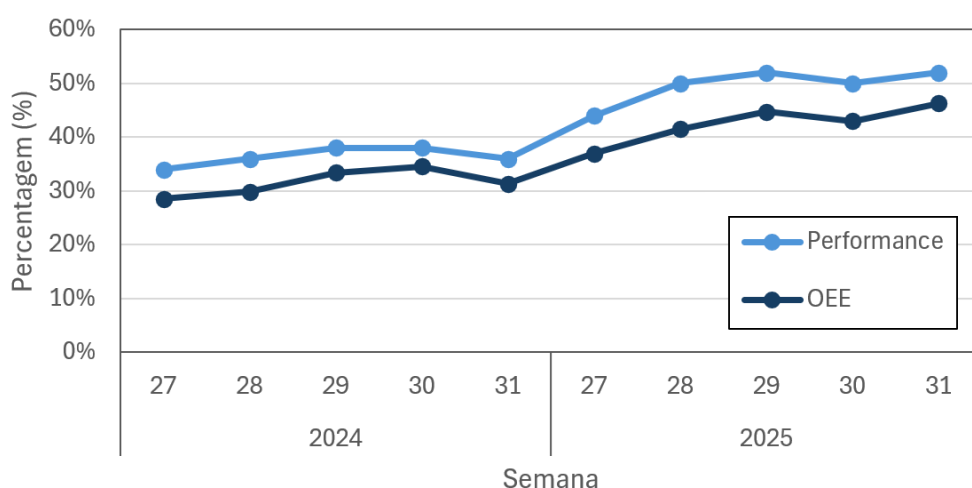


Figura 7.2 - Comparação da evolução semanal da Performance e do OEE da Linha A entre julho de 2024 e julho de 2025

Tabela 7.1 - Disponibilidade, Performance e OEE no mês de julho para os anos de 2024 e 2025

|        | Disponibilidade | Performance | OEE |
|--------|-----------------|-------------|-----|
| jul/24 | 85%             | 40%         | 34% |
| jul/25 | 85%             | 51%         | 43% |

+26,5%

Adicionalmente, foram recolhidos os resultados das auditorias ao longo do mês de julho, apresentados na tabela 19, que revelaram melhorias consistentes, associadas sobretudo às formações realizadas, que reforçaram a correta aplicação dos *standards*. Face a estes resultados, a empresa reconheceu o valor da mudança introduzida e decidiu implementar o novo *standard* de forma definitiva após o período de testes.

Tabela 7.2 - Resultados das auditorias no mês de julho

| Auditor              | Turno | S27 | S28   | S29   | S30   | S31   |
|----------------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Chefe de Turno       | A     | Red | Red   | Green | Green | Green |
| Chefe do Embalamento | A     | Red | Green | Green | Red   | Green |
| Chefe de Turno       | B     | Red | Green | Green | Green | Green |
| Chefe do Embalamento | B     | Red | Red   | Red   | Green | Green |
| Chefe de Turno       | C     | Red | Red   | Red   | Green | Green |
| Chefe do Embalamento | C     | Red | Red   | Green | Green | Red   |

## 7.2 Comparação com a Literatura

Os resultados das três iniciativas desenvolvidas na empresa X foram positivos e demonstram que as ferramentas adotadas contribuíram de forma efetiva para o objetivo inicial. O trabalho foi conduzido em estreita articulação com as equipas operacionais e de gestão, o que garantiu a validação em contexto real de todas as propostas e promoveu, desde o início, uma cultura de melhoria contínua, aspeto não referido nos estudos analisados na literatura.

O projeto envolveu meses de observação direta no terreno, recolha sistemática de dados e realização de eventos *Kaizen* intensivos, com participação ativa de operadores, chefes de turno, chefia de embalamento e equipas de qualidade e segurança. Esta abordagem colaborativa foi decisiva para assegurar a exequibilidade técnica das soluções, a sua aceitação pelas equipas e a coerência entre diagnóstico, desenho e teste das melhorias.

No que respeita à iniciativa na linha automática (Linha E), a aplicação de SMED permitiu reduzir o tempo médio de *setup* em 50%, libertando cerca de 10 horas de capacidade num único mês, o que contribuiu para o aumento do OEE. No Capítulo 3 identificaram-se dois casos semelhantes, um numa indústria de bebidas no Peru, onde o tempo de *setup* médio de 42 minutos foi reduzido em 16 minutos através da conversão de tarefas internas em externas e da utilização de marcações visuais, de forma análoga às marcações introduzidas no Tribloco que eliminaram a necessidade de afinações [65]. Outro caso, numa empresa portuguesa de enchimento de garrafas de vidro, reportou reduções de 21% na máquina de sopro e de 37% na rotuladora após aplicação do SMED [66]. Embora estas reduções não sejam tão expressivas como os 50% obtidos no presente estudo, importa destacar que a introdução de *kits* de *setup*, que permitiram realizar afinações em fluxo, teve um impacto determinante na magnitude da melhoria alcançada. Acresce ainda o cuidado adotado em não iniciar o *setup* sem a confirmação da disponibilidade do mecânico, medida que evitou paragens desnecessárias e contribuiu para a consistência dos resultados obtidos.

Tal como referido no Capítulo 2, os processos produtivos apresentam diversos MUDA que devem ser identificados e eliminados. A aplicação das ferramentas *Lean* e da ferramenta SSLP neste estudo permitiu precisamente reduzir essas perdas e aproximar o sistema do terceiro princípio do *Lean*: a criação de um fluxo contínuo. Com o uso do *Standard Work Combination Chart* na Linha G, foi possível desenhar um novo modo operatório que estabilizou a produção entre turnos e operadores e aumentou o OEE da linha em 9 pontos percentuais. A literatura confirma a relevância da normalização de métodos neste setor com um estudo numa

empresa peruana de bebidas não alcoólicas que utilizou *Standard Work* para estabelecer uma sequência clara e replicável das atividades críticas [67]. Tal como nesse caso, também na empresa X a introdução de instruções de trabalho visuais e a normalização da sequência de tarefas garantiram consistência entre operadores e sustentaram o ganho obtido.

Já na Linha I, apesar de não terem sido ainda obtidos resultados reais com a reorganização em U, as expectativas projetadas alinham-se com os ganhos reportados em diferentes estudos. Na *Teaching Factory* de água engarrafada do Politécnico de Jember, na Indonésia, a aplicação do SLP permitiu reduzir em 59% a distância de movimentação [68]. De forma semelhante, na empresa PT. XYZ, também na Indonésia, a adoção de um *layout* em U reduziu em 37,2% o percurso total, o que eliminou cruzamentos de fluxo e aumentou a fluidez do processo [69]. No presente caso, estima-se que a reorganização da Linha I permita reduzir a distância percorrida por palete de 40 para 25 metros (-37,5%).

Ao comparar estes valores, observa-se que a redução projetada na Linha I é bastante próxima da obtida na PT. XYZ, que igualmente aplicou uma configuração em U, o que reforça a validade da solução proposta. Embora o ganho esperado seja inferior ao registado na *Teaching Factory* de água engarrafada, onde a melhoria foi mais expressiva, importa notar que esse estudo incidiu sobre um *layout* inicial altamente ineficiente, com grandes distâncias entre equipamentos. Já no caso da Linha I, o percurso de partida era menos penalizador, o que naturalmente limita a margem de melhoria.

Relativamente à metodologia utilizada, o presente estudo de caso apresenta particularidades que o distinguem de trabalhos semelhantes encontrados na literatura. Em primeiro lugar, o acompanhamento diário do indicador de tempo de *setup* por parte dos trabalhadores não é mencionado em nenhum dos estudos analisados. Esta prática revela-se vantajosa, uma vez que permite monitorizar continuamente a evolução do desempenho e manter presente o desafio de alcançar o objetivo definido. Em segundo lugar, as auditorias ao processo também não são referidas, embora constituam uma ferramenta fundamental, já que possibilitam verificar se o método está a ser corretamente executado e desencadear ações corretivas sempre que são identificados desvios.

Deste modo, mediante os resultados e a análise de artigos que abordam as mesmas ferramentas, conclui-se que as iniciativas desenvolvidas se revelaram não apenas bem-sucedidas, mas também adequadas para este tipo de problemas, o que contribuiu para o aumento do OEE da área de embalamento da Empresa X e apresentou potencial para alcançar resultados ainda mais expressivos à medida que forem estabilizadas. A continuidade da monitorização,

associada à realização de formações regulares e auditorias sistemáticas, será essencial para garantir que as iniciativas não se perdem ao longo do tempo e continuam a gerar valor para a organização.

### 7.3 Relevância do Estudo de Caso

A adoção da metodologia estudo de caso revelou-se fundamental para compreender em profundidade as operações da unidade industrial analisada e permitiu examinar detalhadamente as linhas de enchimento e embalamento num contexto real, captando a interação entre fatores técnicos, humanos e organizacionais. Assim, o estudo de caso assumiu não apenas o papel de instrumento de análise, mas também de suporte para a definição e validação das propostas de melhoria desenvolvidas ao longo do trabalho.

Nesta abordagem, definiram-se como unidades de observação os operadores, os equipamentos e os fluxos de trabalho, que forneceram a base empírica necessária à análise, onde se recolhe os dados e se sustentam as interpretações.

A recolha de dados constituiu uma etapa central do estudo de caso, fornecendo a base empírica necessária para caracterizar o funcionamento das linhas e sustentar a avaliação das propostas de melhoria. Foram utilizadas várias técnicas complementares, como a observação direta no *Gemba*, a cronometragem de operações, a análise de registos de produção e a consulta de documentação interna, complementadas por interações com operadores e chefias. Esta diversidade de métodos permitiu garantir a fiabilidade da informação obtida e apoiar a análise sob diferentes perspetivas. Para além de possibilitar a quantificação de tempos de operação e o mapeamento de fluxos de trabalho, a recolha de dados foi determinante para identificar desperdícios, compreender constrangimentos operacionais e comparar o desempenho real com valores de referência teóricos.

Durante a investigação, foram enfrentadas algumas limitações, nomeadamente a dificuldade em recolher séries de dados com duração suficientemente extensa para refletir toda a variabilidade do processo, a necessidade de compatibilizar a presença no terreno com os períodos de elevada carga produtiva e a resistência inicial de alguns operadores a alterações de procedimentos. Contudo, a proximidade ao processo produtivo e o envolvimento direto da equipa possibilitaram ultrapassar estes obstáculos e garantiram a recolha de informação relevante, bem como o teste das propostas de melhoria.

Em termos de benefícios, a aplicação da metodologia de estudo de caso possibilitou a recolha de dados empíricos consistentes, a validação de ferramentas *Lean* em condições reais e o desenvolvimento de soluções com aplicabilidade prática e impacto mensurável para a empresa. Para além disso, os conhecimentos obtidos apresentam carácter transferível, podendo apoiar investigações ou intervenções semelhantes em outros contextos industriais, o que reforça a utilidade científica e prática do estudo realizado.



## CONCLUSÃO

O presente estudo teve como ponto de partida os desafios enfrentados por uma unidade industrial do setor de óleos e gorduras alimentares no que diz respeito à estabilidade e eficiência das suas linhas de enchimento e embalagem. Apesar da sua posição consolidada no mercado, a empresa apresentava lacunas operacionais que se refletiam em perdas de performance e disponibilidade, comprometendo a competitividade da unidade. Para responder a esta problemática, a organização recorreu ao *Kaizen Institute*, com o objetivo de apoiar a resolução destes constrangimentos através da aplicação de metodologias *Lean* e da promoção de uma cultura de melhoria contínua, oferecendo soluções capazes de gerar ganhos sustentados.

O trabalho desenvolvido insere-se num conjunto mais vasto de iniciativas promovidas pela organização em colaboração com o *Kaizen Institute*. Neste caso específico, recorreu-se à metodologia de estudo de caso, que possibilitou analisar em profundidade três linhas de produção — uma automática (Linha E) e duas semi-automáticas (Linhas G e I) — definidas como unidade de análise. As unidades de observação corresponderam aos operadores, aos equipamentos e aos fluxos de trabalho associados, enquanto a recolha de dados se apoiou em diferentes fontes, incluindo observação direta em *Gemba*, medições de tempos, registos de produção e documentação interna. Estes elementos forneceram a base empírica necessária para caracterizar os processos, sustentar a avaliação das melhorias propostas e atingir o objetivo de melhorar o indicador OEE.

Na Linha E, a mudança de formato tinha já sido identificada pela própria organização como um obstáculo relevante, dado que o tempo de *setup* era altamente instável e imprevisível, comprometendo o planeamento da produção. A aplicação da metodologia SMED, aliada à utilização do diagrama de *Ishikawa* para identificação das causas, revelou-se essencial para converter atividades internas em externas, normalizar procedimentos e eliminar variabilidade.

A melhoria alcançada traduziu-se numa redução de 50% no tempo total de *setup* e numa estabilização significativa do processo, o que permitiu ao chefe de embalagem planear com maior rigor e reduzir as incertezas associadas a esta operação crítica.

Na Linha G, o desafio principal residia na resistência à mudança por parte dos operadores, habituados a um modo operativo enraizado ao longo de vários anos e executado de forma quase automática, sem questionamento de potenciais melhorias. O *workshop Kaizen* assumiu aqui um papel determinante, envolvendo a equipa no diagnóstico e na conceção das soluções, promovendo apropriação e compromisso. As análises efetuadas evidenciaram uma distribuição assimétrica de tarefas, posteriormente corrigida com a definição de uma nova instrução de trabalho. Esta normalização possibilitou assegurar um fluxo mais contínuo e equilibrado, o que se refletiu em ganhos imediatos de performance e num aumento de 9 pontos percentuais no OEE face ao período homólogo.

Já na Linha I, a problemática foi distinta, tratava-se de uma linha com apenas um operador, o que resultava em tempos elevados de espera e numa cadência insatisfatória. A isto acresciam as restrições físicas do espaço, que dificultavam qualquer tentativa de reorganização. A aplicação da ferramenta SLP possibilitou avaliar de forma estruturada diferentes alternativas de *layout* e fundamentar a proposta junto da gestão. O *layout* em U foi considerado a solução mais adequada, pois reduz as distâncias percorridas e cria um fluxo contínuo. Embora os resultados práticos ainda não tenham sido obtidos, a solução validada evidencia elevado potencial para aumentar o OEE da linha, ao reduzir deslocações e eliminar tempos de inatividade.

Para além das intervenções específicas em cada linha, foram ainda implementados mecanismos complementares que contribuíram para consolidar os resultados. Destacam-se os cartões *Kamishibai*, fundamentais na auditoria e estabilização dos novos métodos de trabalho, em particular na Linha G, bem como a criação de uma matriz de competências associada ao acompanhamento do indicador de *setup* no quadro de *Kaizen* Diário. Estes instrumentos reforçaram a normalização e fomentaram uma saudável competitividade entre turnos, o que incentivou as equipas a atingir melhores desempenhos.

Em síntese, a redução e estabilização dos tempos de *setup*, a redistribuição equilibrada de tarefas e a conceção de *layouts* mais eficientes permitiram aumentar a fiabilidade, a previsibilidade e a produtividade das linhas estudadas. As iniciativas implementadas não se limitaram a resolver ineficiências pontuais, mas criaram também as bases para uma cultura de

melhoria contínua dentro da organização, que se refletirá em ganhos futuros e numa vantagem competitiva sustentada.

## 8.1 Limitações do Estudo

Apesar dos resultados alcançados, o desenvolvimento deste trabalho esteve sujeito a algumas limitações que importa assinalar.

A mais recorrente e também a principal dificuldade sentida foi a resistência inicial à mudança por parte de alguns operadores. O facto de estarem habituados a métodos de trabalho enraizados e menos recetivos a novas ideias dificultou a adoção imediata das práticas propostas, o que exigiu um esforço adicional de envolvimento das equipas e um reforço na formação para assegurar a sua implementação. No caso da iniciativa de *setup*, esta resistência foi particularmente evidente, tendo mesmo levado ao adiamento dos testes para o mês de julho, o que condicionou o calendário inicialmente previsto para o projeto.

No que respeita à análise dos *setups*, muitos foram realizados em horários pouco favoráveis, frequentemente durante a madrugada, e com durações imprevisíveis ou atrasos significativos, o que dificultou a caracterização rigorosa da situação inicial. Acresce ainda a diferença de experiência entre operadores, que introduziu variabilidade nos resultados e afetou a fiabilidade da comparação entre o estado inicial e o futuro. Adicionalmente, a ausência de *setups* fixos em dia e hora dificultou a análise comparativa entre períodos distintos, já que os números variavam mensalmente. Esta limitação reduziu a possibilidade de comparar os dados de forma consistente e limitou a fiabilidade das conclusões retiradas.

Por fim, no caso da intervenção de *layout* com recurso ao SSLP, as restrições físicas do espaço constituíram um entrave significativo. Estas condicionantes limitaram o leque de alternativas viáveis e obrigaram a optar por soluções que, embora vantajosas, poderiam ter sido ainda mais eficazes se não existissem tais limitações. O processo de decisão tornou-se, assim, mais desafiante e evidenciou a importância de considerar os constrangimentos estruturais da unidade no planeamento de futuras melhorias.

Adicionalmente, apesar de a implementação do novo *layout* estar prevista no cronograma inicial, verificaram-se atrasos no processo de validação por parte das chefias e da equipa de segurança, o que inviabilizou a sua implementação durante o período do estudo e, consequentemente, a obtenção de resultados do novo modelo. Embora a utilização de técnicas de simulação pudesse ter permitido uma avaliação preliminar do *layout* proposto, esta opção

não foi considerada atempadamente, uma vez que a impossibilidade de implementação apenas foi confirmada numa fase avançada do projeto, não havendo tempo disponível para o desenvolvimento e validação de modelos de simulação.

## 8.2 Trabalhos Futuros

Não obstante os avanços obtidos, a área de embalagem da Empresa X continua a apresentar oportunidades relevantes de melhoria. Como desenvolvimento futuro, destaca-se a necessidade de criar *standards* específicos para as tarefas críticas do *setup* da Linha E, que funcionem como guias de referência, assegurem uniformidade na execução e sirvam de suporte às formações. Em complemento, recomenda-se a implementação de uma cadeia de ajuda que permita responder rapidamente a situações de ausência de operadores-chave ou a imprevistos durante a operação, evitando atrasos e reforçando a robustez do processo.

Paralelamente, importa quantificar a redução de desperdícios de produto decorrente da melhoria das tarefas de montagem que diminuam a necessidade de inúmeras afinações, traduzindo esses ganhos em termos de redução de custos para a empresa.

Ainda na Linha E, justifica-se um estudo mais aprofundado sobre avarias, afinações e perdas de performance, uma vez que estes fatores continuam a representar uma parcela significativa das perdas de OEE. Já na Linha G, seria pertinente avaliar, em conjunto com o fabricante, a viabilidade técnica de um aumento da velocidade da enchedora. Esta análise mostra-se relevante dado que o tempo de ciclo dos operadores apresentava ainda margem para sustentar uma maior cadência da linha, assegurando, contudo, que a qualidade do produto final não seja comprometida.

De forma transversal às linhas intervencionadas, torna-se essencial manter a realização de auditorias e a monitorização sistemática de KPIs. Este acompanhamento permitirá consolidar os resultados já alcançados e reforçar o alinhamento contínuo das equipas com os objetivos definidos.

No que respeita ao *layout*, torna-se fundamental acompanhar de perto a implementação do novo arranjo em U, de modo a comprovar os benefícios esperados e, se necessário, introduzir ajustamentos que assegurem a eficiência do fluxo e a coerência com os requisitos operacionais da unidade.

Por último, recomenda-se a extensão da metodologia SMED às restantes linhas da fábrica, de forma a normalizar os *setups* e estabelecer tempos padrão que apoiem o planeamento, reduzam a variabilidade e aumentem a previsibilidade global dos resultados.



## REFERÊNCIAS

- [1] P. E. Augusto, "Challenges, trends and opportunities in food processing," *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 35, pp. 72–78, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.cofs.2020.03.005.
- [2] J. Trienekens and P. Zuurbier, "Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 113, no. 1, pp. 107–122, May 2008, doi: 10.1016/j.ijpe.2007.02.050.
- [3] FAO, *Food Outlook – Biannual report on global food markets*. FAO, 2024. [Online]. Available: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd1158en>
- [4] S. Castañeda, S. Rodriguez, O. Yildiz, D. Aranda, and J. C. Alvarez, "Improvement proposal to increase the availability of machinery in a food company by applying TPM, SMED and RCM methodologies," in *2023 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, Oct. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/CONIITI61170.2023.10324242.
- [5] H. Soltanali, M. Khojastehpour, and J. Torres Farinha, "Measuring the production performance indicators for food processing industry," *Measurement*, vol. 173, p. 108394, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.measurement.2020.108394.
- [6] M. Bučko, L. Krejčí, I. Hlavatý, and J. Lorenčík, "Design and Optimization of Production Line Layout Using Material Flows," *Machines*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.3390/machines12030189.
- [7] A. M. Cusiato, N. Y. Farfán, and L. C. Rada, "Systematic Review on Lean Manufacturing in the Productivity of the Food Industry," in *Proc. LACCEI int. multi-conf. eng. educ. technol.*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2024. doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.325.
- [8] R. K. Yin, *Case Study Research: Design and Methods*, 4th ed., vol. 5. SAGE, 2009.
- [9] P. Swanborn, *Case study research: what, why and how?*, 1st edition. in SAGE Research Methods. Los Angeles, CA: SAGE Publications, Inc., 2010.
- [10] Y. Rashid, A. Rashid, M. A. Warraich, S. S. Sabir, and A. Waseem, "Case Study Method: A Step-by-Step Guide for Business Researchers," *Int. J. Qual. Methods*, vol. 18, p. 1609406919862424, Jan. 2019, doi: 10.1177/1609406919862424.
- [11] L. E. Abbadi, "A Literature Review on the Evolution of Lean Manufacturing," vol. 10, no. 4, pp. 13–30, doi: 10.33168/JSMS.2020.0402.
- [12] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*. 2004.
- [13] M. Holweg, "The genealogy of lean production," *J. Oper. Manag.*, vol. 25, no. 2, pp. 420–437, 2007, doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001.

- [14]J. K. Liker and J. M. Morgan, "The toyota way in services: The case of lean product development," *Acad. Manag. Perspect.*, vol. 20, no. 2, pp. 5–20, 2006, doi: 10.5465/AMP.2006.20591002.
- [15]T. Melton, "The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. 6, pp. 662–673, June 2005, doi: 10.1205/cherd.04351.
- [16]Ł. Dekier, "The origins and evolution of Lean Management system," *J. Int. Stud.*, vol. 5, no. 1, pp. 46–51, 2012, doi: 10.14254/2071-8330.2012/5-1/6.
- [17]J. P. Womack, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, 1996.
- [18]B. Haque and M. James-moore, "Applying lean thinking to new product introduction," *J. Eng. Des.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–31, Feb. 2004, doi: 10.1080/0954482031000150125.
- [19]M. Pierńkowski, "Waste Measurement Techniques For Lean Companies," *Int. J. Lean Think.*, vol. 5, pp. 9–24, Dec. 2014.
- [20]P. Arunagiri and A. Gnanavelbabu, "Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method," *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 2167–2175, Jan. 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.460.
- [21]T. Pyzdek, "Introduction to Lean and Muda (Waste)," in *Management for Professionals*, vol. Part F458, Springer Nature, 2021, pp. 3–19. doi: 10.1007/978-3-030-69901-7\_1.
- [22]Md. I. Hosen, S. R. Tushar, Md. F. B. Alam, and Md. Syduzzaman, "Strategies for economic sustainability: An empirical study on Muri, Mura, and Muda in the readymade garment sector," *Green Technol. Sustain.*, vol. 3, no. 1, p. 100115, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.grets.2024.100115.
- [23]M. Imai, *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*. McGraw Hill Professional, 2012.
- [24]R. Maurer, *The Spirit of Kaizen: Creating Lasting Excellence One Small Step at a Time*. McGraw Hill Professional, 2012.
- [25]E. M. Van Aken, J. A. Farris, W. J. Glover, and G. Letens, "A framework for designing, managing, and improving Kaizen event programs," *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 59, no. 7, pp. 641–667, Sept. 2010, doi: 10.1108/17410401011075648.
- [26]A. Realyvasquez-Vargas, K. Cecilia Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutierrez, and G. Ravelo, "Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study," *Appl. Sci.-BASEL*, vol. 8, no. 11, p. 2181, Nov. 2018, doi: 10.3390/app8112181.
- [27]T. Pyzdek, "Spaghetti Diagrams," *Manag. Prof.*, vol. Part F458, pp. 25–28, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-69901-7\_3.
- [28]A. P. Dillon and S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press, 1985.
- [29]R. McIntosh, G. Owen, S. Culley, and T. Mileham, "Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's 'SMED' methodology," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 54, no. 1, pp. 98–111, 2007, doi: 10.1109/TEM.2006.889070.
- [30]B. Ulutas, "An application of SMED methodology," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 79, pp. 100–103, 2011.

- [31] T. Haddad, B. W. Shaheen, and I. Németh, "Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach," *Manuf. Technol.*, vol. 21, no. 1, pp. 56–64, Feb. 2021, doi: 10.21062/mft.2021.006.
- [32] G. Garcia-Garcia, Y. Singh, and S. Jagtap, "Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory," *Sustainability*, vol. 14, no. 14, p. 8279, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14148279.
- [33] S. Shingo and A. P. Dillon, *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press, 1989.
- [34] K. Ishikawa, *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization, 1986.
- [35] M. Cox and K. Sandberg, "Modeling Causal Relationships in Quality Improvement," *Curr. Probl. Pediatr. Adolesc. Health Care*, vol. 48, no. 7, pp. 182–185, July 2018, doi: 10.1016/j.cppeds.2018.08.011.
- [36] D. Dinero, *Training Within Industry: The Foundation of Lean*. New York: Productivity Press, 2019. doi: 10.1201/b18692.
- [37] J. K. Liker and D. Meier, *Toyota Talent (PB): Developing Your People the Toyota Way*. McGraw Hill Professional, 2007.
- [38] *Standard Work for the Shopfloor*. in *Standard Work for the Shopfloor*. 2024, p. 91. doi: 10.4324/9781003576341.
- [39] T. Ahmadi and N. Rahmani, "How to develop standardized work for business processes in the transactional office environment," *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, vol. 34, no. 13–14, pp. 1719–1732, Oct. 2023, doi: 10.1080/14783363.2023.2203377.
- [40] S. Bragança and E. Costa, "An Application of the Lean Production Tool Standard Work," in *Jurnal Teknologi*, Aug. 2015. doi: 10.11113/jt.v76.3659.
- [41] B. Misiurek, *Standardized work with TWI: Eliminating human errors in production and service processes*. in *Standardized Work with TWI: Eliminating Human Errors in Production and Service Processes*. 2016, p. 191. doi: 10.1201/b19696.
- [42] R. Muther and L. Hales, *Systematic Layout Planning*, 4th ed. Management & Industrial Research Publications, 2015.
- [43] J. Mohr and M. Willett, "Simplified Systematic Plant Layout," *CIRAS Manag. Guide*, vol. 34, no. 1, 1999.
- [44] V. Aleksandrov Georgiev, "Application of a Simplified Variant of the Systematic Layout Planning Procedure: A Case Study in the Beverage Industry," Master thesis, NTNU, 2020. Accessed: Sept. 23, 2025. [Online]. Available: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2781686>
- [45] R. Ranjan, K. Sengottaiyan, and M. Singh Jasrotia, "SLP (Systematic Layout Planning) for Enhanced Plant Layout Efficiency," vol. 13, no. 6, p. 820, 2024, doi: 10.17613/ge87-eg79.
- [46] J. Niederstadt, *Kamishibai Boards: A Lean Visual Management System That Supports Layered Audits*. New York: Productivity Press, 2018. doi: 10.1201/b15691.
- [47] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer, and J. M. A. Tanchoco, *Facilities Planning*. John Wiley & Sons, 2010.
- [48] W. Isnaini, N. A. Masruroh, and I. B. Dharma, "Dynamic planning approach of facility layout from industry perspectives: A systematic literature review," *Prod. Eng. Arch.*, vol. 31, no. 1, pp. 27–40, Feb. 2025, doi: 10.30657/pea.2025.31.3.

- [49] G. R. Aase, J. R. Olson, and M. J. Schniederjans, "U-shaped assembly line layouts and their impact on labor productivity: An experimental study," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 156, no. 3, pp. 698–711, Aug. 2004, doi: 10.1016/S0377-2217(03)00148-6.
- [50] D. Parmenter, *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. John Wiley & Sons, 2015.
- [51] S. D. Luozzo, F. Starnoni, and M. M. Schiraldi, "On the relationship between human factor and overall equipment effectiveness (OEE): An analysis through the adoption of analytic hierarchy process and ISO 22400," *Int. J. Eng. Bus. Manag.*, vol. 15, p. 18479790231188548, Feb. 2023, doi: 10.1177/18479790231188548.
- [52] P. Muchiri and L. and Pintelon, "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 46, no. 13, pp. 3517–3535, July 2008, doi: 10.1080/00207540601142645.
- [53] R. K. Singh, E. J. Clements, and V. Sonwaney, "Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency," *Int. J. Process Manag. Benchmarking*, vol. 8, no. 2, pp. 246–261, Jan. 2018, doi: 10.1504/IJPMB.2018.090798.
- [54] C. Wen *et al.*, "Edible vegetable oils from oil crops: Preparation, refining, authenticity identification and application," *Process Biochem.*, vol. 124, pp. 168–179, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.procbio.2022.11.017.
- [55] "Data & Trends of the European food and drink industry 2024," FoodDrinkEurope. Accessed: June 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.fooddrinkeurope.eu/resource/data-trends-of-the-european-food-and-drink-industry-2024/>
- [56] Eurostat, "Key figures on the European food chain – 2024 edition," 2024, doi: 10.2785/5897613.
- [57] AICEP - Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal, & EY., "Food and Beverage Industry Report," AICEP, Lisboa, 2024.
- [58] Alimental – Associação Agroalimentar de Portugal, "Anuário Agroalimentar de Portugal 2024," Alimental, Anuário, 2024.
- [59] sobron, "Analysis of Robusta Coffee Product Packaging Quality Control Using Statistical Process Control (Spc) Method Approach," *JKIE J. Knowl. Ind. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 112–126, 2023, doi: 10.35891/jkie.v10i2.6186.
- [60] Y. AlMasri, "Analysis, Optimization and Scheduling of Bottling Production Line," Politecnico Di Torino, 2020.
- [61] G. Cortella, "Analysis And Improvement Of A Bottling Line Using A Simulation Modeling Ap-proach," Università Degli Studi Di Padova, 2019.
- [62] "BOTTLING LINES | SMIGROUP." [Online]. Available: <https://www.smigroup.it/products/bottling-lines>
- [63] A. M. Cusiado, N. Y. Farfán, and L. C. Rada, "Systematic Review on Lean Manufacturing in the Productivity of the Food Industry," presented at the Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, 2024. doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.325.
- [64] W. Q. D. Santos, O. McDermott, and A. Trubetskaya, "Lean Six Sigma 4.0 Application in the Food & Beverage Industry: A Case Study," *IEEE Eng. Manag. Rev.*, pp. 1–31, 2025, doi: 10.1109/EMR.2025.3538268.
- [65] R. Mendoza-Sotomayor, J. A. Sabogal-Arias, and J. C. Quiroz-Flores, "Optimizing Beverage Manufacturing: Integrating Lean Manufacturing and Machine Learning to Enhance

- Efficiency and Reduce Waste," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 72, no. 11, pp. 155–174, 2024, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V72I11P118.
- [66] R. B. Lopes, F. Freitas, and I. Sousa, "Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries," *J. Technol. Manag. Innov. J. Innov. Soc. Sustain. Prog.*, vol. 10, no. 3, pp. 120–130, Oct. 2015, doi: 10.4067/S0718-27242015000300013.
- [67] A. H. Asian, A. T. Cornejo, and A. F. Perez, "Improvement in Delivery Times Using Lean Manufacturing Tools in a SME the Beverage Sector in Peru," in *Adv. Transdiscipl. Eng.*, IOS Press BV, 2023, pp. 699–707. doi: 10.3233/ATDE230097.
- [68] A. Choirun, A. Brilliantina, and D. Triardianto, "Facility layout design improvement in bottled drinking water at teaching factory," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1338, no. 1, p. 012070, May 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1338/1/012070.
- [69] Buchari, U. Tarigan, and M. B. Ambarita, "Production layout improvement by using line balancing and Systematic Layout Planning (SLP) at PT. XYZ," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 309, no. 1, p. 012116, Feb. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/309/1/012116.



# APÊNDICE A

Tabela A.1 - Checklist Tribloco – Mudança de Formato

| Tribloco                |    |               | Operador: Mecânico + Eletricista + 2ª Linha                                       |                        |             |                                                                                     |
|-------------------------|----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de Tarefa          | #  | Classificação | Tarefa                                                                            | Responsável            | Tempo (min) |  |
| Preparação              | 1  | Externa       | Preparação do kit com todos os materiais necessários                              | Op 2 + Op 3            | 10          |                                                                                     |
| -                       | 2  | Interna       | Esvaziamentoda Linha                                                              | Op 2 + Op 3            | 10          |                                                                                     |
| Desmontagem             | 3  | Interna       | Retirar guias do soprador, enchedora e capsulador                                 | Mecânico + 2ª Linha    | 1,5         |                                                                                     |
|                         | 4  | Interna       | Retirar estrelas da entrada e saída do soprador, enchedora e capsulador           | Mecânico + 2ª Linha    | 4           |                                                                                     |
|                         | 5  | Interna       | Retirar guias da enchedora (apoio garrafas)                                       | Mecânico + 2ª Linha    | 1           |                                                                                     |
| Montagem                | 6  | Interna       | Colocação da guia central no soprador + guia na enchedora e capsulador + estrelas | Mecânico               | 8           |                                                                                     |
|                         | 7  | Interna       | Montar guias da enchedora (apoio garrafas)                                        | Mecânico               | 5           |                                                                                     |
|                         | 8  | Interna       | Apertar guias do capsulador                                                       | Mecânico               | 1,5         |                                                                                     |
|                         | 9  | Interna       | Apertar guias dos transportadores (entre soprador e enchedora)                    | Mecânico               | 2           |                                                                                     |
|                         | 10 | Interna       | Montar sem fim central                                                            | Mecânico               | 5           |                                                                                     |
|                         | 11 | Interna       | Montar sem fim na entrada                                                         | Mecânico               | 1           |                                                                                     |
| Afinação                | 12 | Interna       | Afinar guias da entrada                                                           | Mecânico               | 1           |                                                                                     |
| Montagem                | 13 | Interna       | Montar guias do capsulador                                                        | Mecânico               | 15          |                                                                                     |
|                         | 14 | Interna       | Montar guias do capsulador (exteriores)                                           | Mecânico               | 15          |                                                                                     |
| Afinação                | 15 | Interna       | Ajustar altura da célula final                                                    | Mecânico               | 1           |                                                                                     |
|                         | 16 | Interna       | Afinar altura das células de saída                                                | Eletricista            | 2           |                                                                                     |
| -                       | 17 | Interna       | Mudar o formato e testar a velocidade reduzida                                    | Mecânico + Eletricista | 5           |                                                                                     |
| Afinação                | 18 | Interna       | Afinar a célula saída                                                             | Eletricista            | 5           |                                                                                     |
| Finalização             | 19 | Externa       | Arrumar peças formato antigo na caixa respetiva                                   | Mecânico               | 10          |                                                                                     |
| Total setup interno (h) |    |               |                                                                                   |                        | 1,4h        |                                                                                     |

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Hora de início: \_\_\_\_\_ Hora de Fim: \_\_\_\_\_

Tabela A.2 - Checklist Rotuladora – Mudança de Formato

| Rotuladora              |    |               | Operador 2                                     |                 |             |   |
|-------------------------|----|---------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------|---|
| Tipo de Tarefa          | #  | Classificação | Tarefa                                         | Responsável     | Tempo (min) | ✓ |
| Preparação              | 1  | Externa       | Pedir Material da Produção Seguinte            | Op 2            | 5           |   |
| Desmontagem             | 2  | Interna       | Retirar bobine de rótulos da produção anterior | Op 2            | 2           |   |
|                         | 3  | Interna       | Retirar pratos                                 | Op 2            | 2           |   |
| Configurações           | 4  | Interna       | Configurar a máquina                           | Op 2            | 3           |   |
| Desmontagem             | 5  | Interna       | Desmontar porta escovas                        | Op 2            | 1           |   |
| Desmontagem             | 6  | Interna       | Desmontar estrelas e sem fim                   | Op 2            | 1,5         |   |
| Montagem                | 7  | Interna       | Montar estrelas, guias e sem fim               | Op 2            | 1,5         |   |
|                         | 8  | Interna       | Montar pratos                                  | Op 2            | 3           |   |
| Desmontagem             | 9  | Interna       | Desmontar guia de entrada                      | Op 2            | 2           |   |
| Montagem                | 10 | Interna       | Montar 2º sem fim                              | Op 2            | 2,5         |   |
| Desmontagem             | 11 | Interna       | Retirar rótulos                                | Op 2            | 1,5         |   |
| Montagem                | 12 | Interna       | Montar suporte das escovas                     | Op 2            | 1           |   |
| Configurações           | 13 | Interna       | Programar nova produção                        | Op 2            | 8           |   |
| Montagem                | 14 | Interna       | Montar rótulo + contra-rótulo                  | Op 2            | 13          |   |
| Afinação                | 15 | Interna       | Afinar posição da marcação                     | Op 2            | 3           |   |
| Validação               | 16 | Interna       | Validar qualidade de impressão                 | Op 2            | 0,5         |   |
| Afinação                | 17 | Interna       | Afinar guias dos transportadores               | Op 2            | 3           |   |
|                         | 18 | Interna       | Afinar sensor de altura                        | Op 2            | 2           |   |
|                         | 19 | Interna       | Afinar sem fim                                 | Op 2            | 7           |   |
|                         | 20 | Interna       | Afinar posição dos rótulos                     | 2ª Linha + Op 3 | 35          |   |
| Finalização             | 21 | Externa       | Arrumar caixa c/ bobine                        | Op 2            | 1           |   |
|                         | 22 | Externa       | Arrumar pratos                                 | Op 2            | 1           |   |
|                         | 23 | Externa       | Arrumar porta escovas na caixa                 | Op 2            | 1           |   |
|                         | 24 | Externa       | Arrumar pratos e guia                          | Op 2            | 1,5         |   |
|                         | 26 | Externa       | Arrumar material                               | Op 2            | 3,5         |   |
|                         | 27 | Externa       | Recolher rótulos e caixas                      | Op 2            | 2,5         |   |
|                         | 28 | Externa       | Dar baixa da Matéria Prima                     | Op 2            | 1           |   |
|                         | 29 | Externa       | Preencher registos                             | Op 2            | 4           |   |
|                         | 30 | Externa       | Retirar lixo da linha                          | Op 2            | 1           |   |
| Total setup interno (h) |    |               |                                                |                 | 1,6h        |   |

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Hora de início: \_\_\_\_\_ Hora de Fim: \_\_\_\_\_

Tabela A.3 - Checklist Formadora – Mudança de Formato

| Formadora                      |    |               | Operador 3                                                  |                 |             |                                                                                     |
|--------------------------------|----|---------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de Tarefa                 | #  | Classificação | Tarefa                                                      | Responsável     | Tempo (min) |  |
| -                              | 1  | Interna       | Retirar caixas da produção anterior                         | Op 3            | 6           |                                                                                     |
| -                              | 2  | Interna       | Retirar separadores da produção anterior                    | Op 3            |             |                                                                                     |
| Desmontagem                    | 3  | Interna       | Retirar espaçadores                                         | Op 3            | 5           |                                                                                     |
|                                | 4  | Interna       | Retirar garfos - separadores                                | Op 3            | 6           |                                                                                     |
| Montagem                       | 5  | Interna       | Montar garfos e separadores                                 | Op 3            | 14          |                                                                                     |
|                                | 6  | Interna       | Mudar formato                                               | Op 3            | 1           |                                                                                     |
| Desmontagem                    | 7  | Interna       | Retirar o formador dos separadores                          | Op 3            | 4           |                                                                                     |
| Montagem                       | 8  | Interna       | Montar separador                                            | Op 3            | 3           |                                                                                     |
| Afinação                       | 9  | Interna       | Afinar abastecimento caixas                                 | Op 3            | 8           |                                                                                     |
| Abastecimento                  | 10 | Interna       | Abastecer caixas + separadores                              | Op 3            |             |                                                                                     |
| Afinação                       | 11 | Interna       | Afinar separadores                                          | Op 3            | 1           |                                                                                     |
| Abastecimento                  | 12 | Interna       | Abastecer caixas + separadores                              | Op 3            | 1           |                                                                                     |
| Afinação                       | 13 | Interna       | Afinar tapetes                                              | 2ª Linha + Op 3 | 30          |                                                                                     |
| Arrumação                      | 15 | Externa       | Plastificar e arrumar paleta de caixas da produção anterior | Op 3            | 6           |                                                                                     |
| Arrumação                      | 16 | Externa       | Arrumar peças da produção antiga                            | Op 3            | 2           |                                                                                     |
| Total <i>setup</i> interno (h) |    |               |                                                             |                 | 1,32h       |                                                                                     |

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_ Hora de início: \_\_\_\_\_ Hora de fim: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE B

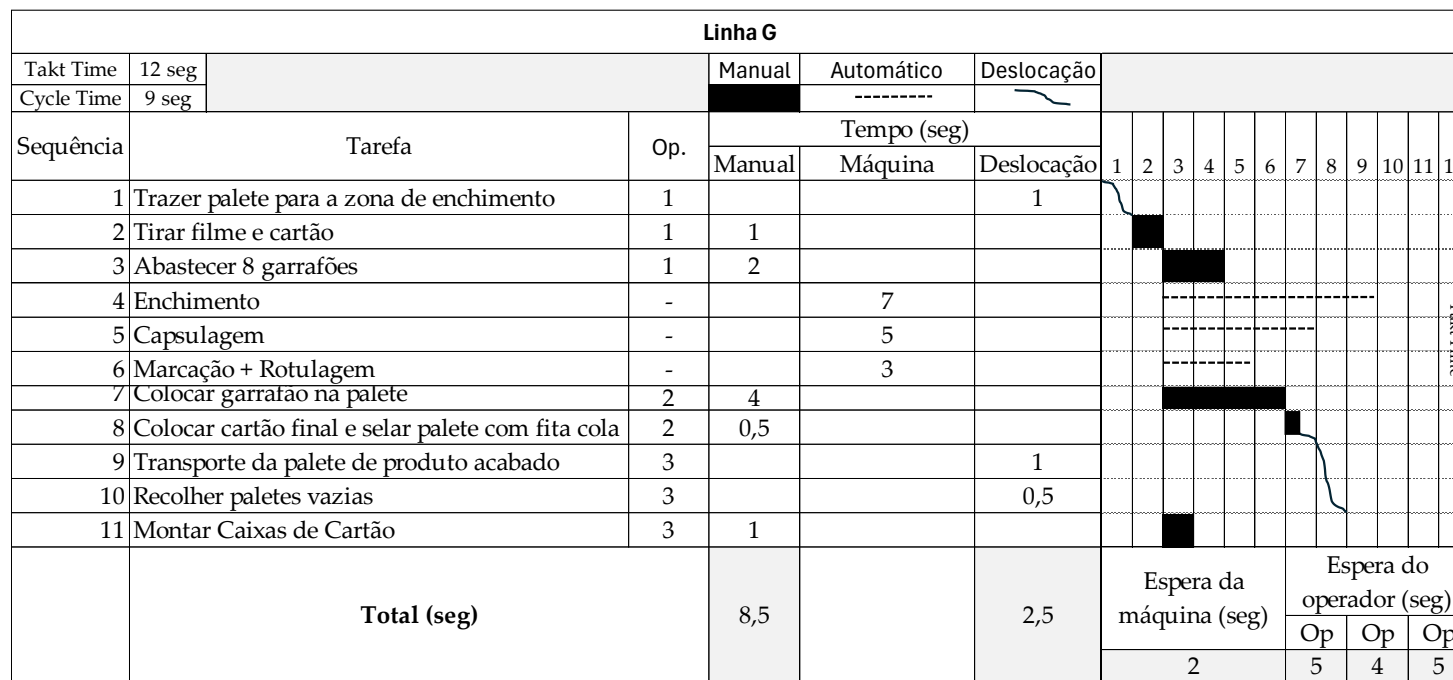


Figura B.1 - Standard Work Combination Chart Atual – Linha G

| Linha I    |                                                |     |             |         |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|------------|------------------------------------------------|-----|-------------|---------|------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|
| Takt Time  | 36 seg                                         |     |             | Manual  | Automático | Deslocação                |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| Cycle Time | 35 seg                                         |     |             |         | -----      | ~~~~~                     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| Sequência  | Tarefa                                         | Op. | Tempo (seg) |         |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|            |                                                |     | Manual      | Máquina | Deslocação | 1                         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11                       | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |  |  |  |  |  |
| 1          | Tirar filme e cartão superior                  | 1   | 1           |         |            |                           | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 2          | Abastecer garrações na linha                   | 1   | 2           |         |            |                           | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 3          | Enchimento                                     | -   |             | 25      | 0,2        |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 4          | Abastecer Cápsula                              | 1   | 2           |         |            |                           |   |   | ■ | ■ | ■ |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 3          | Roscador                                       | -   |             | 7       |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 3          | Marcação + Rotulagem                           | -   |             | 3       |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 5          | Desligar Enchedora                             | 1   | 0,5         |         | 0,5        |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 6          | Colocar garrafão na palete                     | 1   | 5           |         |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 7          | Colocar filme na palete                        | 1   | 1           |         |            |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 8          | Trasporte palete final                         | 1   |             |         | 1          |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
| 9          | Colocar palete na zona de paletização e voltar | 1   |             |         | 1          |                           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|            | Total (seg)                                    |     | 11,5        |         | 2,7        | Espera da Enchedora (seg) |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Espera do operador (seh) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |
|            |                                                |     |             |         |            | 9                         |   |   |   |   |   |   |   |   |    | 18,5                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |

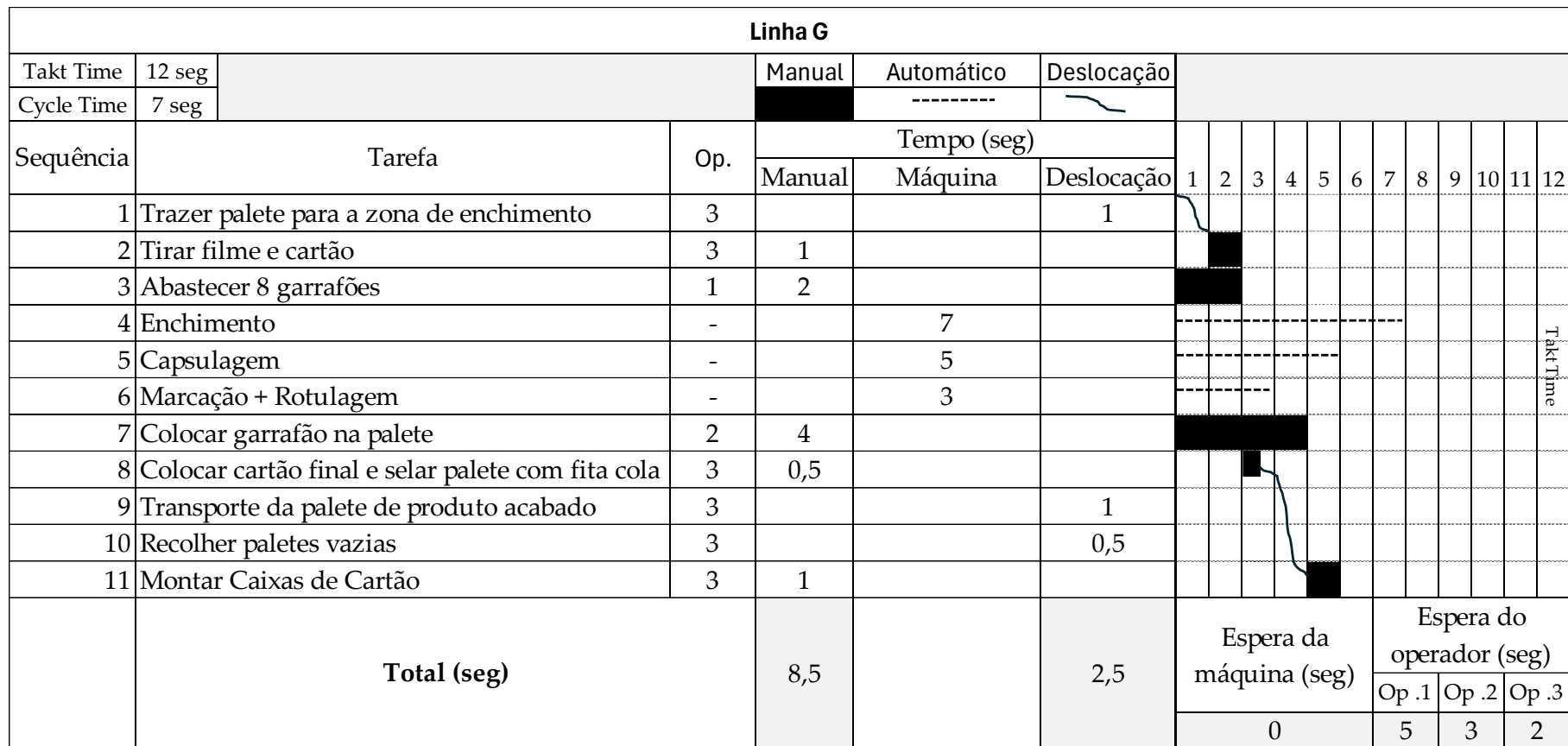


Figura B.3 - Standard Work Combination Chart Futuro – Li



# APÊNDICE C

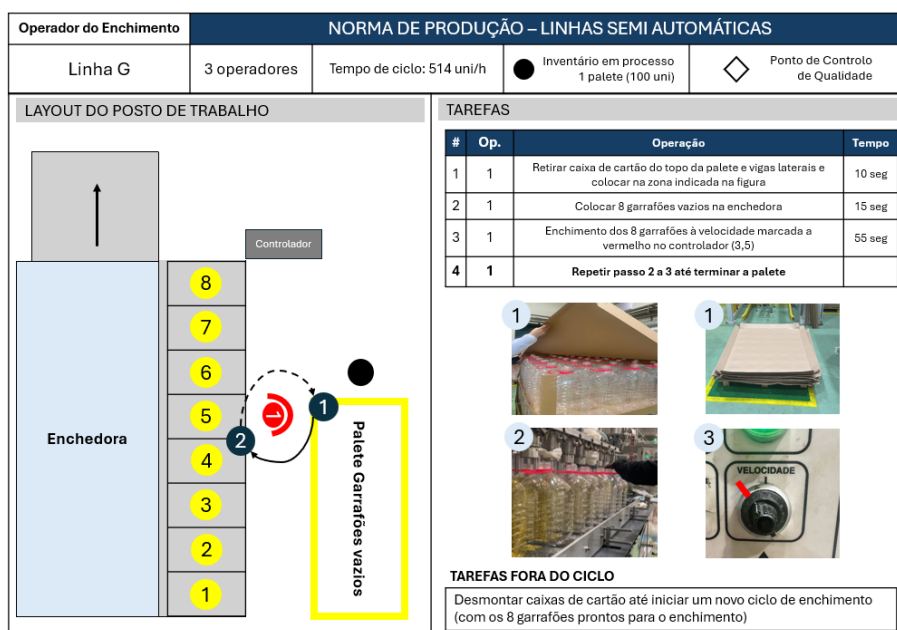


Figura C.1 - Instrução de Trabalho – Operador de Enchimento e de Paletização (Linha G)

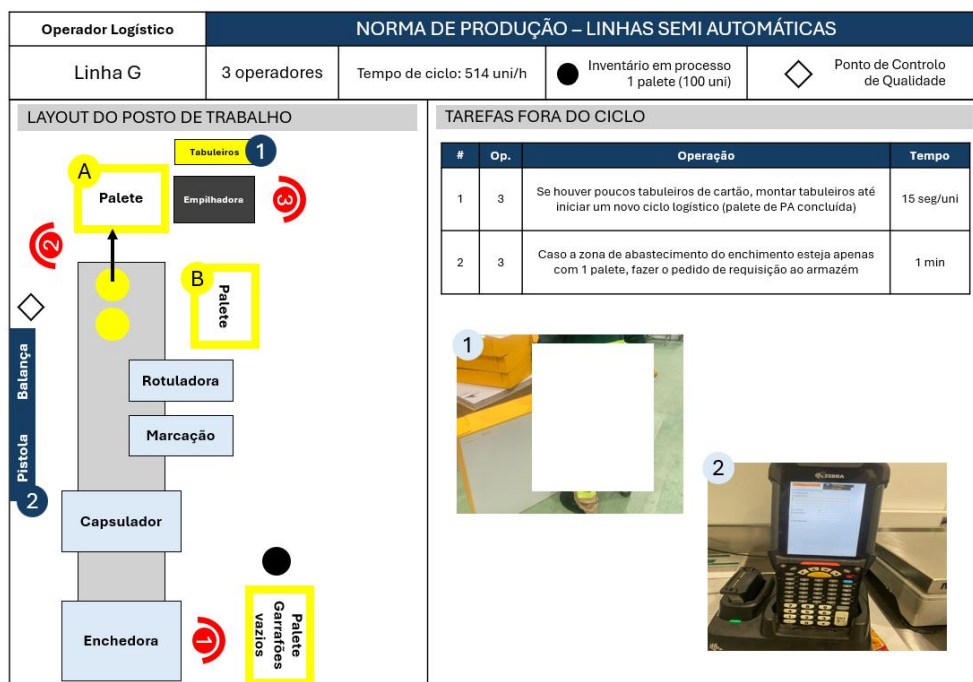
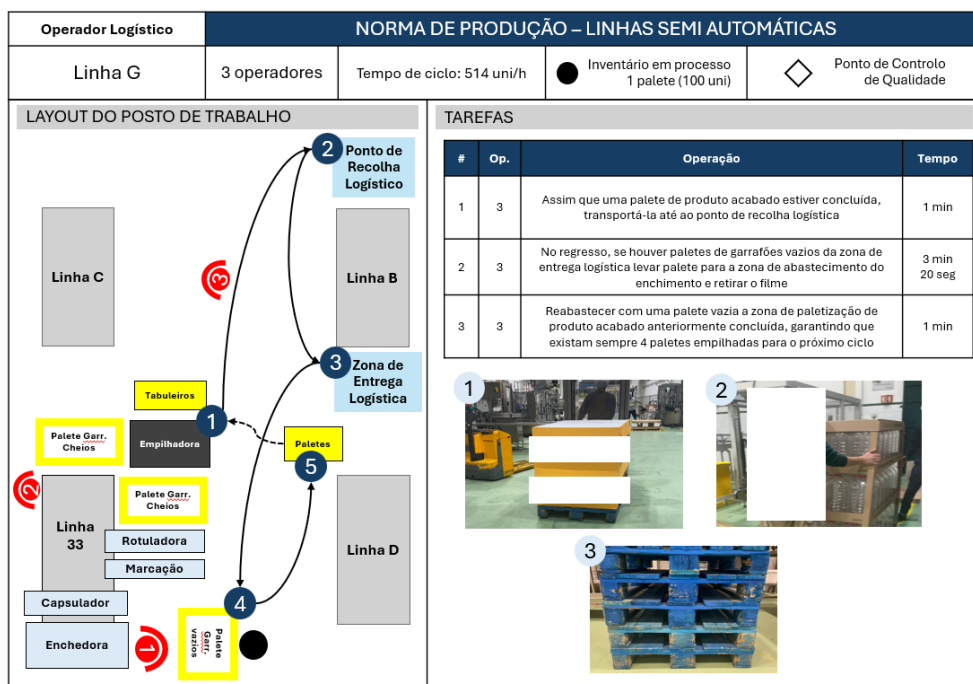


Figura C.2 - Instrução de Trabalho – Operador Logístico (Linha G)





2025

FRANCISCA FRANCO

MELHORIA DO INDICADOR OEE EM LINHAS DE ENCHIMENTO E EMBALAMENTO DE ÓLEOS E AZEITES