

Relatório de Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Planeamento Integrado numa Indústria
Metalomecânica

André Santos Ribeiro

Leiria, setembro de 2022

Relatório de Projeto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

***Planeamento Integrado numa Indústria
Metalomecânica***

André Santos Ribeiro

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor Marcelo Rudolfo Calvete Gaspar, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Doutor Mário António Simões Correia, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, setembro de 2022

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, no ano letivo 2021/2022, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

A conclusão deste projeto não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas às quais não posso deixar de dar o meu agradecimento.

Agradeço ao orientador do meu projeto Professor Marcelo Rudolfo Calvete Gaspar e coorientador Professor Mário António Simões Correia, pela valiosa orientação, acompanhamento e cordialidade em todo o desenvolvimento deste projeto. Agradeço ainda a todos os docentes da ESTG que estiveram presentes no meu percurso académico ao longo deste ciclo de estudos e que assim contribuíram para a minha formação e desenvolvimento profissional e também pessoal. Quero destacar a Professora Irene Sofia Carvalho Ferreira, o Professor Carlos Fernando Couceiro de Sousa Neves, o Professor Fábio Jorge Pereira Simões e a Professora Maria Leopoldina Mendes Ribeiro de Sousa Alves por toda a disponibilidade e motivação no decorrer das suas unidades curriculares.

Este projeto não poderia ter sido desenvolvido sem o apoio e disponibilidade da empresa Poço – Equipamentos Industriais, S.A. e de todos os seus colaboradores. Agradeço em particular ao Eng. Carlos Poço, ao Eng. Fernando Batista, ao Eng. Sidónio Pereira e à Eng.^a Joana Ferreira por todo o interesse no bom desenvolvimento deste projeto, pela passagem de conhecimentos auxiliares para a realização do mesmo e pela liberdade em aceder aos recursos da empresa. Não poderia deixar de destacar os meus colegas Hugo Pereira, Mariana Custódio, João Fernandes, Nélon Cardoso, Rui Ramos e Leandro Santos pela amizade, por todo o apoio e motivação e pela sua passagem de conhecimento.

Em destaque agradeço à minha família, pais e irmã por sempre me apoiarem e me motivarem para que conseguisse alcançar os meus objetivos e assim concluir este ciclo de estudos com sucesso. Sem eles não teria conseguido alcançar este objetivo e estar-vos-ei eternamente grato por todo o vosso apoio incondicional.

Quero ainda agradecer aos meus colegas de curso e de todos os trabalhos de grupo realizados no mestrado que me têm vindo a acompanhar desde a realização da licenciatura em EGI, João Ribeiro, Sara Lopes e Miguel Lisboa, pelo apoio, amizade e pelo espírito de interajuda que sempre demonstraram ao longo destes últimos anos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

A indústria metalomecânica apresenta atualmente um crescimento sustentável, o que leva as empresas a serem competitivas e a planearem de modo a não falhar os compromissos com os seus clientes, assim como conhecer as suas capacidades produtivas. No sentido de aumentar a sua competitividade no mercado em que atua, a Poço – Equipamentos Industriais, S.A. pretende implementar e integrar o planeamento da produção no seu sistema de gestão de recursos.

O sistema de produção da empresa é complexo devido à tipologia de peças produzidas e ao fluxo da produção. Em função do produto a empresa possui um sistema de produção com um fluxo intermitente, por projeto, com características de um sistema com fluxo em série devido à sequência linear de operações. É proposta uma alteração no Fluxo de Materiais e Informação e no layout de produção da empresa de modo a eliminar movimentações desnecessárias que não acrescentem valor ao produto.

Em ambientes desta tipologia a integração do planeamento num ERP é de elevada complexidade face à dificuldade em definir capacidades produtivas precisas. No entanto, este esforço de integração demonstra ter grandes benefícios para a empresa pela melhoria no controlo da produção.

Para estruturar esta implementação e integração, que deve ser realizada de forma gradual, foi utilizado o ciclo DMAIC fundamentado com base na metodologia Seis Sigma. Este método demonstrou ser eficaz na integração e implementação de técnicas de planeamento permitindo definir o âmbito do projeto, medir as capacidades produtivas das secções de corte e armação, analisar causas que possam causar desvios no planeamento, apresentar sugestões de melhoria e controlar os processos de corte, maquinação e armação.

Palavras-chave: metalomecânica, fluxo, complexo, planeamento, Seis Sigma

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

The metalworking industry currently shows sustainable growth, which leads companies to be competitive and to plan in order not to fail in their commitments to their customers, as well as to know their productive capacities. To increase its competitiveness in the market in which it operates, Poço – Equipamentos Industriais, S.A. wants to implement and integrate production planning into its resource management system.

The company's production system is complex due to the typology of parts produced and the production flow. Depending on the product, the company has a production system with an intermittent flow, by project, with characteristics of a system with a series flow due to the linear sequence of operations. A change is proposed in the Material and Information Flow and in the company's production layout to eliminate unnecessary movements that do not add value to the product.

In environments of this typology, the integration of planning in an ERP is highly complex due to the difficulty in defining precise productive capacities. However, this integration effort proves to have great benefits for the company by improving production control.

To structure this implementation and integration, which must be carried out gradually, the DMAIC cycle based on the Six Sigma methodology was used. This method proved to be effective in the integration and implementation of planning techniques, allowing to define the scope of the project, measure the productive capacities of the cutting and reinforcement sections, analyse causes that may cause deviations in the planning, present suggestions for improvement and control the cutting processes, machining, and framing.

Keywords: *metalworking, flow, complex, planning, Six Sigma*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Visão global sobre a empresa Poço, SA | 3 |
| 2 | Estado de Arte | 7 |
| 2.1 | Sistemas de Produção..... | 7 |
| 2.2 | Planeamento da produção | 11 |
| 2.2.1 | Planeamento e Controlo da Produção (PCP)..... | 12 |
| 2.2.2 | Escalonamento da produção | 13 |
| 2.2.3 | Modelos matemáticos de planeamento..... | 15 |
| 2.2.4 | Ferramentas de Planeamento da Produção | 16 |
| 2.3 | ERP – <i>Enterprise Resource Planning</i> | 20 |
| 2.3.1 | Sistemas ERP e o Planeamento da Produção | 21 |
| 2.4 | Ferramentas <i>Lean</i> | 23 |
| 2.4.1 | Seis Sigma..... | 24 |
| 2.4.2 | 5S | 27 |
| 2.5 | Visão Global sobre a indústria metalomecânica em Portugal..... | 28 |
| 3 | Análise e Discussão de Resultados | 31 |
| 3.1 | D – Definir..... | 31 |
| 3.1.1 | Sistema de Produção da Poço..... | 33 |
| 3.1.2 | Descrição geral dos processos produtivos e máquinas | 34 |
| 3.1.2.1 | Corte e Furação | 35 |
| 3.1.2.2 | Maquinação..... | 37 |
| 3.1.2.3 | Armação..... | 38 |
| 3.2 | M – Medir | 38 |
| 3.2.1 | Fiabilidade de Lançamento de Registos (FLR) | 38 |
| 3.2.2 | Controlo de Tempos e Capacidades – Análise temporal dos registos da secção de Corte e determinação da sua capacidade produtiva | 39 |
| 3.2.2.1 | Estudo de tempos previstos de máquinas de corte de chapa | 41 |
| 3.2.2.1.1 | Estudo dos Tempos Produtivos e Não Produtivos | 45 |
| 3.2.2.2 | Estudo de tempos previstos de máquinas de corte de perfis e tubos | 48 |
| 3.2.2.3 | Estudo de tempos previstos de furação de perfis e tubos | 51 |
| 3.2.3 | Controlo de Tempos e Capacidades – Análise temporal dos registos da secção de Armação e determinação da sua capacidade produtiva..... | 52 |
| 3.2.3.1 | Peso armado por hora por operador (PAO)..... | 56 |
| 3.2.3.2 | Peças processadas por hora por operador..... | 57 |
| 3.2.3.2.1 | Peças soltas | 58 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.2.3.2.2 | Conjuntos..... | 59 |
| 3.2.3.3 | Análise de peso armado por categorias..... | 59 |
| 3.2.4 | Controlo de Tempos e Capacidades – Determinação da capacidade produtiva da secção de maquinação | 61 |
| 3.3 | A- Analisar..... | 66 |
| 3.4 | I – Melhorar (do inglês, <i>Improve</i>) | 68 |
| 3.4.1 | Layouts e Fluxo de Materiais e Informação..... | 68 |
| 3.4.2 | Planeamento Integrado..... | 70 |
| 3.4.2.1 | Mapeamento do ERP | 71 |
| 3.4.2.2 | Ferramenta de teste PLAN_PM..... | 71 |
| 3.4.2.3 | Ferramenta de teste PLAN_SUB | 74 |
| 3.4.2.4 | Fase piloto de desenvolvimento..... | 75 |
| 3.4.3 | Mão-de-obra..... | 75 |
| 3.4.4 | Tempos de maquinação..... | 79 |
| 3.5 | C – Controlar..... | 80 |
| 3.5.1 | Indicadores de Capacidade..... | 81 |
| 3.5.2 | Indicadores de Desempenho | 82 |
| 3.5.3 | Eficiência da secção de corte e de armação face a objetivos estratégicos..... | 84 |
| 3.5.4 | Estabilidade do processo de armação..... | 86 |
| 4 | Conclusões e Sugestões futuras | 90 |
| 5 | Referências Bibliográficas | 93 |
| | Anexos | 98 |
| | Anexo A..... | 99 |
| | Anexo B..... | 105 |
| | Anexo C..... | 107 |
| | Anexo D..... | 109 |
| | Anexo E..... | 114 |
| | Anexo F | 117 |
| | Anexo G | 119 |
| | Anexo H | 133 |
| | Anexo I..... | 136 |
| | Anexo J..... | 139 |
| | Anexo K | 144 |
| | Anexo L..... | 146 |
| | Anexo M..... | 150 |
| | Anexo N..... | 152 |
| | Anexo O | 154 |

| | |
|----------------------|------------|
| Anexo P | 156 |
| Anexo Q | 158 |
| Anexo R | 161 |
| Anexo S | 165 |
| Anexo T | 168 |
| Anexo U | 171 |
| Anexo V | 173 |
| Anexo X | 176 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - (a) Estrutura e (b) Equipamento fabricado pelo Grupo Poço (Poço, 2019) | 4 |
| Figura 2 - Representação esquemática do PDCA aplicado no Grupo Poço e respetivos processos (Poço, 2019)..... | 5 |
| Figura 3 - Matriz de planeamento da cadeia de abastecimento, adaptado (Maravelias & Sung, 2009)..... | 11 |
| Figura 4 - Fluxo de informações do PCP, adaptado (Miranda, 2013) | 13 |
| Figura 5 - Classificação para algoritmos de escalonamento da produção, adaptado (Amjad et al., 2018)..... | 14 |
| Figura 6 - Fluxos no planeamento da produção, adaptado (Maravelias & Sung, 2009)..... | 15 |
| Figura 7 - Matriz Produto-Processo com descrição entre o volume e o mix do produto e a escolha do processo, adaptado (Olhager & Wikner, 2000)..... | 17 |
| Figura 8 – Integração entre sistemas ERP e sistemas APS, adaptado (Madeira, 2013)..... | 22 |
| Figura 9 - Estratégias de soluções para planeamento da produção integrado: (a) Modelos Hierárquicos; (b) Modelos Iterativos; e (c) Modelos de Espaço Completo, adaptado (Maravelias & Sung, 2009) | 23 |
| Figura 10 - Metodologia de implementação do método Seis Sigma, adaptado (Werkema, 2012)..... | 25 |
| Figura 11 - Correspondência entre o método DMAIC e o ciclo PDCA (Werkema, 2012) | 26 |
| Figura 12 - Taxa de variação anual do total de empresas em Portugal e de empresas da Indústria Metalomecânica, adaptado (Banco de Portugal, 2021)..... | 29 |
| Figura 13 Tarefas a realizar no projeto por etapa do ciclo DMAIC | 31 |
| Figura 14 - Fluxograma de processos de fabrico | 32 |
| Figura 15 - (a) Informação retirada da base de dados do Lantek para cálculo de tempos de corte da máquina de corte de chapa Vernet MagB 620; (b) Resultado do estudo de tempos da máquina de corte de chapa Vernet MagB 620..... | 44 |
| Figura 16 - Diagrama de Pareto de paragens de máquinas agrupadas por causas | 45 |
| Figura 17 - Evolução de eficiência ao longo do tempo das máquinas (a) Máquina A - Vernet MagB 620 e (b) Máquina B - Air-Liquide Oxytome 40 HPC | 47 |
| Figura 18 - Tempos de corte observados na máquina (a) Vernet HD900, (c) Ficep e (e) HB500; Equação para cálculo do tempo de corte na máquina (b) Vernet HD900, (d) Ficep e (f) HB 500 | 50 |

| | |
|---|----|
| Figura 19 - Equação para cálculo da velocidade de corte na máquina (a) Vernet HD900, (b) Ficep e (c) HB 500 | 50 |
| Figura 20 - Folha de cálculo automático do tempo de corte e furação de perfis..... | 52 |
| Figura 21 - Soma de peso VS Média de peso, por dia da semana..... | 53 |
| Figura 22 - Sumário gráfico da evolução média de peso armado por dia da semana: (a) 2ª feira; (b) 3ª feira; (c) 4ª feira; (d) 5ª feira; (e) 6ª feira | 54 |
| Figura 23 - (a) Teste de normalidade dos dados do número de peças soltas processadas por hora; (b) Análise de outliers do número de peças soltas processadas por hora..... | 58 |
| Figura 24 - Sumário gráfico de peso médio por croqui (kg), para categorias de peso de conjunto de 25 kg, (a) com outliers; (b) sem outliers..... | 60 |
| Figura 25 - Planeamento operacional de produção da semana 27 da máquina Microcut Challenger 1500..... | 62 |
| Figura 26 - Modelo utilizado na 2ª fase de implementação de planeamento operacional na secção de maquinação | 63 |
| Figura 27 - Planeamento de máquina Hwacheon Hi-Tech 450AL YMC (Torno CNC) para a semana 30 de 2022 | 64 |
| Figura 28 - (a) Calendário de feriados nacionais e municipais e férias da máquina Microcut Challenger 1500; (b) Calendário diário de horas disponíveis da máquina Microcut Challenger 1500..... | 65 |
| Figura 29 - Planeamento da máquina Microcut Challenger 1500 para as semanas 31 a 37 | 66 |
| Figura 30 - Parcial de Diagrama de Ishikawa: causa de método no efeito de dificuldade em planear | 67 |
| Figura 31 – Metodologia geral de planeamento de produção | 67 |
| Figura 32 - (a) Área para alocação de peças após processos de corte e transformação; (b) e (c) Estado atual do layout | 69 |
| Figura 33 - Fluxo de montagem entre desenhos de (a) Montagem; (b) Peça Solta; (c) Conjunto e (d) respetivo Croqui | 70 |
| Figura 34 - Interface do programa da ferramenta PLAN_PM | 73 |
| Figura 35 - Ordem de trabalho diária para a máquina VERNET RD1000 a 30 de março de 2022 | 73 |
| Figura 36 - Interface da ferramenta PLAN_SUB | 74 |
| Figura 37 - Relatório de estado de produção de obras planeadas pela ferramenta PLAN_SUB | 74 |
| Figura 38 - Integração de planeamento da produção no SGI | 75 |

| | |
|---|----|
| Figura 39 - Gestão visual de NCO | 76 |
| Figura 40 - Layout da Matriz de Competências | 76 |
| Figura 41 - Número de colaboradores e percentagem face ao número total por NCO | 77 |
| Figura 42 - Número total e objetivo de operadores por máquina, processo e procedimento e respetiva eficiência | 78 |
| Figura 43 - Programação de maquinação de peça com marcação J14913B | 79 |
| Figura 44 - Tempo estimado de maquinação para a peça J14913B-V01 | 80 |
| Figura 45 - (a) Peso cortado e (b) Peso armado por dia e eficiência, em kg/h, entre 2018 e 2021 | 85 |
| Figura 46 - Eficiência de operadores de armação entre 2018 e 2021 | 87 |
| Figura 47 – Relação entre média de peso armado por dia por operador, em kg/h..... | 88 |
| Figura 48 - Peso médio armado por dia entre 2018 e 2021, em kg/h..... | 89 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Comparativo de sistemas de produção (Miranda, 2013)..... | 9 |
| Tabela 2 - Comparação entre sistemas Batch, Flow-shop e Job-shop (S. N. Chapman, 2006) | 10 |
| Tabela 3 - Principais características dos conceitos e técnicas de PPC., adaptado (Olhager & Wikner, 2000)..... | 18 |
| Tabela 4 - Relação entre as ferramentas de PCP e os sistemas de aplicação, adaptado (Olhager & Wikner, 2000)..... | 19 |
| Tabela 5 - Elementos da ferramenta 5S (Senthil Kumar et al., 2022)..... | 28 |
| Tabela 6 - Tecnologias de corte utilizadas na empresa por tipo de material..... | 35 |
| Tabela 7 - Processos de furação (Giordani, 2011; J. A. G. Sousa, 2011) | 36 |
| Tabela 8 - Processos do Centro de Maquinação (Loureiro, 2020) | 38 |
| Tabela 9 - FLR médio por secção produtiva | 39 |
| Tabela 10 - Capacidade produtiva por máquina de corte, em kg/hora | 40 |
| Tabela 11 - Cálculo de tempos de furação | 42 |
| Tabela 12 - Cálculo do tempo total de corte da chapa correspondente ao CNC 2823 | 43 |
| Tabela 13 - Tempos produtivos e não produtivos das máquinas (a) Máquina A - Vernet MagB 620 e (b) Máquina B - Air-Liquide Oxytome 40 HPC..... | 47 |
| Tabela 14 - Indicadores gerais da secção de armação | 52 |
| Tabela 15 - Capacidades de produção por dia da semana, em kg/dia | 55 |
| Tabela 16 - Conjuntos armados por categorias de 25 kg..... | 59 |
| Tabela 17 - Conjuntos armados por categorias de 50 kg..... | 61 |
| Tabela 18 - Inputs e outputs da ferramenta PLAN_PM | 72 |
| Tabela 19 - Inputs e Outputs da Matriz de Competências..... | 75 |
| Tabela 20 - Número total de colaboradores por NCO, por NCO por máquina/processo e por NCO por procedimento | 77 |
| Tabela 21 - Capacidade de armação por operador por nível de competência (NCO) | 79 |
| Tabela 22 - Indicadores de armação para cenário fictício | 83 |
| Tabela 23 - Eficiência da secção de armação face ao PAO, entre o ano 2018 e 2021 | 87 |

Lista de siglas e abreviaturas

| | |
|-------|---|
| ATO | Montar por Encomenda, do inglês <i>Assemble-to-Order</i> |
| CNC | Controlo Numérico Computadorizado, do inglês <i>Computer Numeric Control</i> |
| DMAIC | Definir, Melhorar, Analisar, Melhorar e Controlar, do inglês <i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i> |
| EDD | Primeira Data de Vencimento, do inglês <i>Earliest Due Date</i> |
| ERP | Planeamento de Recursos Empresariais, do inglês <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| ETO | Projeto por Encomenda, do inglês <i>Engineer-to-Order</i> |
| FLR | Fiabilidade de Lançamento de Registos |
| FIFO | Primeiro a entrar, primeiro a sair, do inglês <i>First In First Out</i> |
| FMI | Fluxo de Materiais e Informação |
| IC | Índice de Capacidade |
| IT | Instrução de Trabalho |
| KPI | Indicador-chave de Performance, do inglês <i>Key Performance Indicator</i> |
| MC | Matriz de Competências |
| MOD | Mão-de-obra direta |
| MP | Matéria-Prima |
| MPS | Planeamento Mestre da Produção, do inglês <i>Master Production Schedule</i> |
| MRP | Planeamento de Necessidades de Materiais, do inglês <i>Material Requirements Planning</i> |
| MRPII | Planeamento das Necessidades de Materiais, do inglês <i>Manufacturing Resources Planning</i> |
| MTO | Produzir por Encomenda, do inglês <i>Make-to-Order</i> |
| MTS | Produzir para <i>Stock</i> , do inglês <i>Make-to-Stock</i> |
| NADO | Necessidades de horas de armação por dia e obra |

| | |
|------|--|
| NCO | Nível de Competência do Operador |
| NEA | Número de horas extra de armação |
| NPAD | Necessidades de peso de armação por dia |
| OP | Ordem de Produção |
| OT | Ordem de Trabalho |
| PA | Produto Acabado |
| PAD | Evolução de peso médio armado por dia |
| PAO | Peso armado por hora por operador |
| PCP | Planeamento e Controlo da Produção |
| PDCA | Planear, Implementar, Controlar e Agir, do inglês <i>Plan, Do, Check, Action</i> |
| PNC | Produto de Não Conformidade |
| RL | Aprendizagem por Reforço, do inglês <i>Reinforcement Learning</i> |
| SGQ | Sistema de Gestão da Qualidade |
| SI | Sistemas de Informação |
| SPT | Menor Tempo de Processamento, do inglês <i>Shortest Processing Time</i> |
| ST | Sem Tratamento |
| TOC | Teoria das Restrições, do inglês <i>Theory of Constraints</i> |
| VSM | Mapeamento do Fluxo de Valor, do inglês <i>Value Stream Mapping</i> |
| WIP | Trabalho em curso, do inglês <i>Work in Progress</i> |

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1 Introdução

O presente relatório foi realizado no âmbito da Unidade Curricular de Projeto inserida no plano de estudos do segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Este relatório descreve o projeto desenvolvido e as ações propostas e implementadas na empresa Poço – Equipamentos Industriais S.A. com objetivo de integrar o planeamento da produção no seu ERP.

Em Portugal existiam em 2020 um total de 1.316.256 empresas em Portugal, sendo cerca de 5% (66.469 empresas) destas empresas do setor da indústria transformadora, indústria em que se insere a atividade da empresa Poço, S.A. A atividade da empresa insere-se no segmento de produtos metálicos sendo que este segmento representava em 2020 cerca de 90,05% do número total de empresas da indústria metalomecânica em Portugal (Banco de Portugal, 2021; INE, 2022).

Considera-se que a produção é uma área de negócio fundamental na organização, que requer uma elevada atenção por parte da gestão a todos os níveis. Os dados que podem ser obtidos nesta área determinam a tomada de decisão, que deve ser realizada num ponto de vista operacional no dia a dia das suas atividades. Esta tomada de decisão é determinante para o futuro da organização pois, tratando-se de uma organização que tem como atividade principal a produção de estruturas metálicas, o seu sucesso depende duma produção com um fluxo bem estruturado e com uma constante análise de dados que permita compreender o estado atual e prever o estado futuro da sua situação.

As operações afetas à atividade de uma organização devem ser geridas de forma eficiente através de um planeamento coerente com a sua realidade. Esta gestão, denominada de Gestão de Operações, assume-se como uma função crítica numa organização e é fundamental na disponibilização de recursos necessários para produzir e entregar produtos e serviços aos clientes garantindo a sua satisfação (Pimentel, 2012). A atividade de planeamento é fundamental para que sejam alcançados os seus objetivos e para que exista uma linha lógica de operações.

Devido à elevada carga de trabalho a que a empresa objeto de estudo está sujeita torna-se complexa e necessariamente discreta a implementação de um método de planeamento

integrado eficaz em todas as suas secções produtivas. Com isto torna-se fundamental apenas agir sobre uma área produtiva de forma independente de modo a garantir que esta não comprometa os compromissos com os seus clientes.

Com este projeto pretende-se sugerir e implementar técnicas de planeamento ajustadas às necessidades da empresa que possibilitem a integração do mesmo no seu ERP. Os objetivos estabelecidos são:

- Definir o fluxo de produção da organização;
- Definir rácios de produtividade das secções de corte e armação;
- Definir métodos para integrar o planeamento da produção no ERP da empresa;
- Sugerir e implementar melhorias no processo produtivo.

Para atingir estes objetivos será utilizada a metodologia Seis Sigma de modo a seguir um “fio condutor” que permita que esta implementação decorra de acordo com as etapas do ciclo DMAIC. C. Sousa (2013) demonstra que esta metodologia obtém bons resultados quando aplicada à gestão produtiva em indústrias metalomecânicas. Como forma de motivar todos os intervenientes neste processo foi elaborada uma apresentação (Anexo A).

Numa primeira fase deste projeto serão definidos os objetivos e o âmbito de atuação deste projeto, sendo que estes sofrerão ajustes adaptados às necessidades específicas da organização. De seguida serão medidas as capacidades produtivas da empresa. Na secção de corte este estudo será feito com recurso a tabelas de dados para cada máquina e tipologia de material transformado na organização. Por outro lado, a capacidade produtiva da secção de armação será medida realizando testes de *Anderson-Darling* com recurso ao Minitab, testes estes que pretendem verificar se os valores analisados seguem uma distribuição normal visto que os dados são variáveis quantitativas contínuas.

Numa terceira fase serão analisadas as causas que possam estar na origem de falhas no cumprimento dos rácios de produção medidos na etapa anterior, sendo esta análise ajustada à realidade da organização. De seguida serão apresentadas sugestões de melhoria para otimizar o processo produtivo da empresa e garantir desse modo o cumprimento das capacidades produtivas definidas. Estas medidas passam pela realização de uma alteração no layout da produção, pela integração do planeamento no ERP da empresa, pela monitorização da mão-de-obra disponível por máquina e procedimento de forma contínua e pela definição de um método para cálculo de tempos de maquinação.

Numa última fase deste trabalho serão desenvolvidos indicadores de capacidade e de desempenho para as secções de corte e armação procedendo-se à medição da eficiência destas secções. Será ainda avaliada a estabilidade do processo de armação utilizando cartas de controlo com recurso, novamente, ao *software* Minitab.

Este relatório é dividido em cinco capítulos distintos. O presente capítulo é o primeiro do relatório em que é feita uma introdução ao tema a ser desenvolvido, são descritos os objetivos do projeto e a metodologia definida, é apresentada a estrutura do relatório e por fim uma visão global da empresa em que se realiza este projeto. No segundo capítulo será apresentado um estado de arte que tem como objetivo apresentar os conceitos que serão abordados neste projeto e demonstrar em que medida o conhecimento na área evoluiu nos últimos anos. No terceiro capítulo serão apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento deste projeto. Este capítulo está dividido por secções de acordo com as etapas do ciclo DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, do inglês *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*. No quarto e último capítulo serão discutidos os resultados obtidos relevantes e apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

1.1 Visão global sobre a empresa Poço, SA

A sociedade foi fundada a 21 de novembro de 1991 por dois sócios: Eng.º Carlos Poço e a Sulpedip – Sociedade para o Desenvolvimento Industrial S.A. sob a denominação de EIP – Equipamentos Industriais Poço, Lda. O fabrico e montagem de equipamentos industriais foi desde logo a sua área de atuação objetivo tendo iniciado a sua atividade em 1992. Em agosto de 2013 a Poço adquiriu com participação maioritária a empresa Periplast – Equipamentos Industriais, Lda com o objetivo de reforçar dentro do grupo a filosofia “Solução chave-na-mão” nos países onde opera (Poço, 2019). Na Figura 1 é apresentado um exemplo de uma estrutura e de um equipamento produzido pelo grupo Poço.



(a)



(b)

Figura 1 - (a) Estrutura e (b) Equipamento fabricado pelo Grupo Poço (Poço, 2019)

Em 2014 foi projetada em Leiria uma unidade industrial de raiz com um layout produtivo e modernizado, altas tecnologias de produção, ambientais e de segurança com o objetivo de dar resposta e acompanhar a evolução no mercado (Poço, 2019).

Foi no ano de 2015 que a empresa obteve a certificação TUV Rheinland de acordo com os referenciais normativos NP EN ISO 14001:2012 (Sistema de Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 (Segurança e Saúde no Trabalho). Foi também nesse ano que concluiu o processo de certificação de acordo com a norma EN 1090-1:2009+A1:2011, encontrando-se assim qualificada para a realização de obras classe EXC3 de acordo com a norma EN 1090-2 (Poço, 2019).

Em 2015 é obtida a certificação do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de acordo com a NP EN ISO 9001 pela TUV Rheinland. Para estruturar o Grupo Poço, de modo a ser gerido por processos e objetivos de uma forma integrada e dinâmica, foram identificados quatro tipos de processos: Processos de Gestão, Processo Principal, Processos de Controlo e Processos de Melhoria (Poço, 2019). O diagrama apresentado na Figura 2 permite determinar a sequência e a interação dos utilizando o ciclo PDCA (Planear, Implementar, Controlar e Agir, do inglês *Plan, Do, Check, Action*) que fundamenta projetos de melhoria através da abordagem Seis Sigma e permite à organização o controlo, melhoria contínua e planeamento da qualidade dos seus processos (Fonseca & Miyake, 2006). A organização da empresa Poço está dividida em três áreas de atuação: (1) Administração e serviços de apoio: Comercial, Administrativo/Financeiro, (2) Serviços técnicos e (3) Departamento de produção e planeamento.

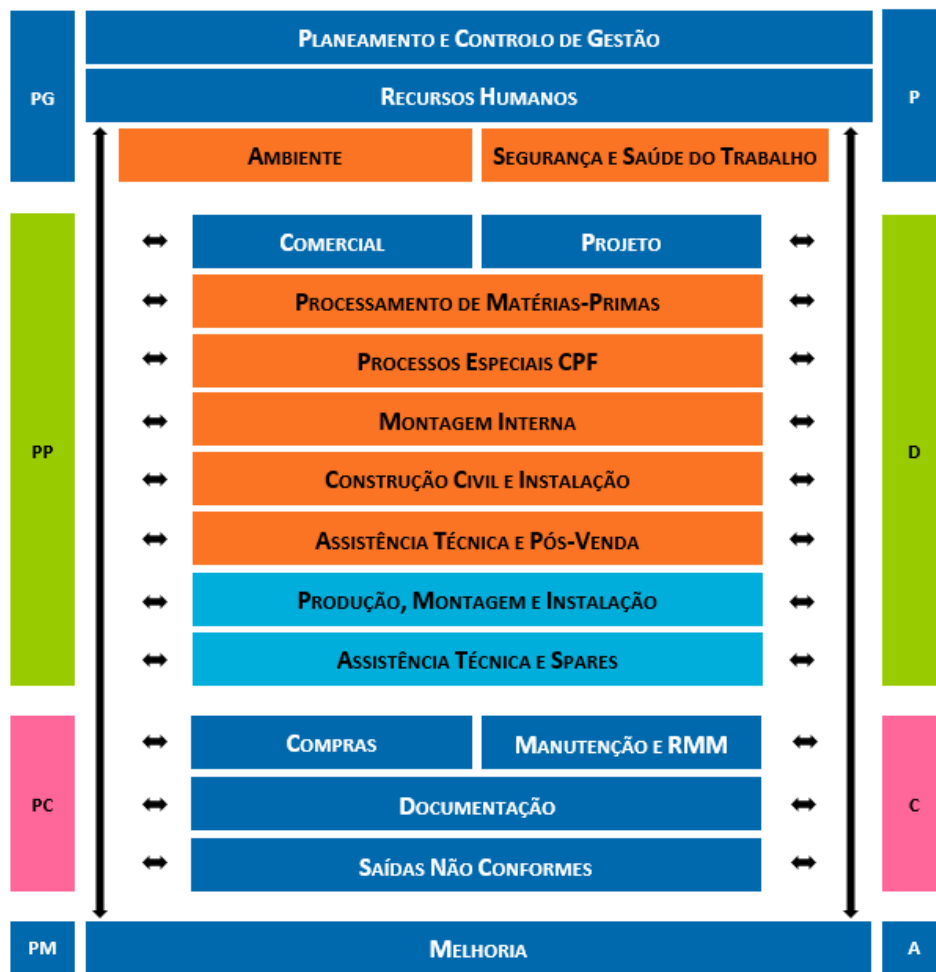


Figura 2 - Representação esquemática do PDCA aplicado no Grupo Poço e respetivos processos (Poço, 2019)

Na organização são utilizados dois sistemas de gestão integrados que foram criados internamente e têm diferentes perspetivas, interfaces e meios de utilização, trabalhando em conjunto o tratamento dos dados. Estes sistemas são o SGI – Sistema de Gestão Integrada e KPI Manager – Sistema de análise e tratamento de dados.

Estes dados permitem obter informação relevante em diferentes fases de produção de uma obra, nomeadamente: (1) antes de iniciar a produção da obra, (2) no decorrer da produção da obra e (3) após conclusão da produção da obra. Nos dados que serão tratados identificaram-se cinco entidades relacionadas entre si: Cliente, Obra, Sub Obra, Lista e Peça. A sequência utilizada na definição de dados para o sistema é:

- O cliente adjudica uma obra à empresa e de seguida será atribuído um número sequencial à obra que a identifica dentro da organização;

- Planeiam-se em conjunto com o cliente as sub obras afetas à obra, que definem os grupos funcionais de estruturas que a compõem, definido um prazo para cada uma;
- Planeiam-se as listas que pertencem a cada sub obra e que permitem rastrear as peças ao longo da produção;
- Projetam-se as peças que serão produzidas para cada lista.

O SGI é um ERP desenvolvido totalmente ajustado à realidade da empresa para satisfazer todas as suas necessidades. Integra diferentes módulos das diferentes áreas de negócio da organização: parceiros, vendas, pré-produção, produção, pós-produção, equipamentos, pós-venda, compras, ambiente, funcionários e logística. Das suas funcionalidades destacam-se, pela sua relação com o tema desenvolvido neste projeto, as seguintes: (1) realizar requisições de material; (2) lançar dados de produção com a leitura de código de barras ou marcação manual do desenho, (3) consulta de estado de produção de peças e (4) gestão de Não Conformidades (NC).

O KPI Manager utiliza uma base de dados que permite consultar e analisar, através de indicadores de desempenho, todos os dados de produção que constem na base de dados provenientes do SGI de forma a apoiar a tomada de decisão por parte dos seguintes níveis organizacionais: Operacional, Gestão Intermédia e Gestão de topo.

Ambos os sistemas ERP utilizados na Poço têm um sistema de gestão de base de dados do tipo Microsoft SQL Server que recorre à mesma base de dados em ambos os seus sistemas de informação.

2 Estado de Arte

Neste capítulo procura-se expor e atualizar os conhecimentos relacionados com os temas abordados neste relatório com o objetivo de justificar as diversas decisões tomadas ao longo do projeto baseadas em conhecimentos teóricos devidamente fundamentados.

Este capítulo divide-se em cinco secções. Na secção 2.1 são classificados os diversos tipos de sistemas de produção existentes e na secção 2.2 são apresentados temas relacionados com a produção como o planeamento e controlo da produção (PCP), o escalonamento da produção, modelos matemáticos de planeamento e ferramentas utilizadas para realizar o planeamento da produção. Na secção 2.3 são caracterizados os sistemas ERP (Planeamento de Recursos Empresariais, do inglês *Enterprise Resource Planning*) e é estudada a sua relação com o planeamento da produção. Na secção 2.4 é apresentado o conceito *Lean* e estudadas as suas ferramentas utilizadas neste projeto: Seis Sigma e 5S. Na última secção é realizada uma análise à evolução e ao estado global da indústria metalomecânica em Portugal.

2.1 Sistemas de Produção

De acordo com Moreira (2008) um sistema de produção compreende todas as atividades na produção de bens e serviços que funcionam como um conjunto inter-relacionadas entre si. Este conjunto de atividades visa assegurar que o planeamento seja cumprido, que sejam cumpridos os padrões definidos, que os recursos estejam a ser utilizados de forma eficaz e que a qualidade desejada seja obtida. O autor distingue ainda os seguintes elementos fundamentais num sistema de produção:

- Os insumos que são a transformação de todos os recursos diretamente em produtos. Estes recursos a serem transformados podem variar consoante se trate de sistemas predominantemente processadores de materiais, de informações ou de consumidores;
- O processo de conversão que altera a forma das matérias-primas ou a composição e forma dos recursos. Estes processos podem variar consoante se trate de sistemas que transformam as propriedades físicas ou informativas dos recursos ou que mudem a sua posse, propriedade ou localização.

As formas de precedência entre as operações definem ainda o tipo de sistema de produção relacionando-o com o escalonamento das operações (Previero, 2016). De acordo com Moreira (2008) e Perales (2001) os sistemas de produção podem, seguindo um modelo de Classificação Tradicional apenas aplicado a produtos e não a serviços, ser classificados em três grandes classes divididas por várias subclasses em função do fluxo do produto: (1) Sistemas de produção em série ou de fluxo em linha, (2) Sistemas de produção por lotes (fluxo intermitente) e (3) Sistemas de produção por projeto.

Nos sistemas de produção em série ou de fluxo em linha os equipamentos executam as mesmas operações continuamente verificando-se uma sequência linear até se obter o produto final. De uma forma geral estes sistemas caracterizam-se por uma alta eficiência e uma acentuada inflexibilidade e podem ser divididos em:

- Produção em série pura: neste tipo de sistemas existe apenas uma linha de produção e a matéria-prima é processada da mesma forma e na mesma sequência obtendo-se apenas um produto final;
- Produção em série com montagem ou desmontagem: neste tipo de sistemas existem várias linhas de montagem que convergem nos locais de montagem ou desmontagem;
- Produção em série com diferenciação final: neste tipo de sistemas o fluxo das linhas pode ser semelhante a qualquer um dos subtipos de sistemas apresentados anteriormente, no entanto, o produto final pode apresentar variações.

Nos sistemas de produção por lotes (fluxo intermitente) os produtos fabricados apresentam bastante diversidade, os lotes de fabricação devem ser reduzidos e os equipamentos utilizados apresentam grandes variações de trabalho. Estes sistemas podem dividir-se nas seguintes subclasses:

- Fabricação por encomenda de produtos diferentes: os produtos são fabricados de acordo com as especificações do cliente e a sua produção só se inicia após a respetiva venda;
- Fabricação por lotes: os produtos são padronizados e existe repetibilidade dos lotes de fabricação, ou seja, após o término da fabricação de um produto outros produtos passam a ocupar as máquinas. Neste tipo de sistemas o fluxo pode ter as mesmas características que as dos sistemas de fabricação por encomenda;

Os sistemas de produção por projeto diferenciam-se bastante dos anteriores tratando cada projeto como um produto único não existindo nenhum fluxo de produção definido. Neste tipo de sistemas a sequência de tarefas é de longa duração, existe pouca ou nenhuma repetitividade e têm um alto custo e dificuldade de gestão do planeamento e controlo de produção.

A Tabela 1 compara os vários sistemas de produção estudados quando avaliados de acordo com diferentes variantes do processo.

Tabela 1 - Comparativo de sistemas de produção (Miranda, 2013)

| Sistema de Produção | Produção em série | Fluxo intermitente | Produção por projeto |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Volume de Produção | Alto | Médio | Baixo |
| Variedade dos produtos | Pequena | Grande | Pequena |
| Flexibilidade | Baixa | Alta | Alta |
| Qualificação da MOD | Baixa | Alta | Alta |
| Layout | Por produto | Por processo | Por processo |
| Lead Times | Baixo | Médio | Alto |
| Fluxo de Informações | Baixo | Alto | Alto |
| Produtos | Contínuos | Em lotes | Unitário |

Segundo S. N. Chapman (2006) e (Previero, 2016) os sistemas podem ainda ser classificados de outra forma considerando o fluxo do produto ao longo do sistema de produção. Nesta classificação verifica-se a existência de um conjunto geral com n tarefas, m máquinas e em que cada tarefa é composta por um conjunto de operações. Os autores definem os sistemas de produção em quatro categorias:

- Por projeto – existe apenas uma saída de produção e as abordagens de planeamento e controlo deste tipo de sistemas são bastante complexas. O volume de produção é baixo e a variedade de produtos é alta;
- *Job-shop* – cada peça tem a sua própria ordem de processamento e os processos de trabalho são projetados para ter uma elevada flexibilidade. Nestes sistemas o projeto é realizado por encomenda (ETO, do inglês *engineer-to-order*) e apenas se produz por encomenda (MTO, do inglês *make-to-order*),

- Produção por lotes (*Batch*) ou intermitente – os produtos são produzidos em lotes discretos e os equipamentos tendem a ser especializados e flexíveis de modo a produzir uma grande variedade de produtos. Nestes sistemas os lotes são produzidos para que as peças sejam montadas por encomenda (ATO, do inglês *assemble-to-order*) ou para *stock* (MTS, do inglês *make-to-stock*);
- *Open-shop* – cada peça tem de ser processada por cada uma das m máquinas, mas não existe um fluxo definido para as operações de cada tarefa;
- *Flow-shop* – as m máquinas estão em série e cada peça deve ser processada em todas as máquinas verificando-se o mesmo fluxo de processamento para cada uma. Os equipamentos tendem a ser altamente especializados e caros, exigindo pouca mão-de-obra que tende a ser pouco qualificada.

Na Tabela 2 são comparadas as três principais categorias de sistemas de produção.

Tabela 2 - Comparação entre sistemas Batch, Flow-shop e Job-shop (S. N. Chapman, 2006)

| | <i>Job-shop</i> | <i>Batch</i> | <i>Flow-shop</i> |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Equipamentos | Propósito geral | Semiespecializados | Altamente especializados |
| Competências colaboradores | Altamente especializados | Semiespecializados | Pouco especializados |
| Abordagem da gestão | Resolução de problemas técnicos | Liderança de equipas | Eficiência |
| Volume de produção | Baixo | Médio | Alto |
| Variedade de produtos | Alta | Média | Baixa |
| Ambiente de projeto | ETO, MTO | MTO, ATO, MTS | ATO, MTS |
| Fluxo de trabalho | Variável, misturado | Mais definido | Altamente definido e fixo |

(Perales, 2001) classifica ainda os sistemas considerando duas dimensões: o tipo de fluxo do produto e o tipo de atendimento ao consumidor. Seguindo esta classificação, Classificação Cruzada de Schroeder, verifica-se que existem duas classes distintas:

- a) Sistemas orientados para *stock*: o produto é fabricado e estocado antes da procura efetiva do consumidor, oferecendo rápida resposta à procura e a baixo custo a custo de uma reduzida flexibilidade na escolha do consumidor;

- b) Sistemas orientados para a encomenda: as operações são ligadas a um cliente em particular, variando o preço e o prazo de entrega.

2.2 Planeamento da produção

Segundo Silva (2020) o planeamento permite à empresa traçar um rumo, fazer planos e definir uma orientação de forma a atingir os seus objetivos. Para compreender como realizar o planeamento da produção deve ser considerada a cadeia de abastecimento de uma empresa de produção de produtos, sendo esta composta por uma rede de instalações e opções de distribuição que desempenha as funções de: aquisição de matérias-primas (MP), transformação de MP em produtos acabados (PA) e a distribuição dos PA aos seus clientes. Em toda a cadeia o objetivo é alcançar o máximo nível de satisfação dos clientes com o mínimo custo para a empresa (Maravelias & Sung, 2009).

A coordenação adequada dos fluxos de materiais, financeiros e de informação permitem a uma empresa ter uma maior eficiência, sendo que os problemas relacionados com o planeamento devem ser solucionados de modo a atingir esta coordenação. Estes problemas estão relacionados com uma vasta gama de atividades, desde a aquisição e produção até à distribuição e venda, assim como com a tomada de decisões a longo prazo (estratégicas) até decisões a curto prazo (operacionais) (Maravelias & Sung, 2009). Com base nestes conceitos é possível definir uma matriz de planeamento da cadeia de abastecimento (Figura 3) que relaciona o planeamento desde a produção de médio prazo à programação de curto prazo. Com base nesta matriz determinam-se os seguintes níveis de planeamento: estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) e operacional (curto prazo).

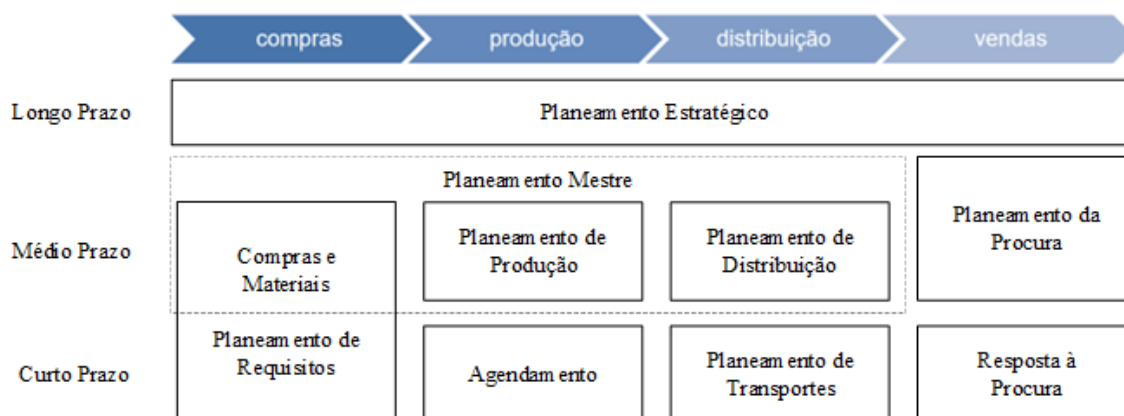


Figura 3 - Matriz de planeamento da cadeia de abastecimento, adaptado (Maravelias & Sung, 2009)

Para Majdoub Hassani et al. (2019) ao nível operacional é necessário seguir o plano de produção determinado ao nível de planeamento tático, o que significa produzir as quantidades fixadas dentro do tempo aceitável considerando as condicionantes do processo.

A aplicação de métodos de planeamento nas indústrias tem apresentados diversos benefícios quando analisados os resultados de produtividade e a eficiência dos processos. No entanto, muitos planeadores mostram-se bastante relutantes sobre a implementação dos mesmos sendo o número de empresas a utilizar métodos analíticos de planeamento bastante reduzido (Tempelmeier, 2003).

2.2.1 Planeamento e Controlo da Produção (PCP)

O PCP é um departamento cuja atividade deve ser preocupação da Administração da Produção e Operações com o objetivo de atingir os objetivos da empresa ao estabelecer linhas de ação e definir o momento em que estas devem acontecer (Moreira, 2008). No planeamento e controlo das atividades produtivas é fundamental a medição do seu desempenho com o *feedback* de informação e comparação do planeado com a realidade produtiva (Olhager & Wikner, 2000).

Um sistema de PCP suporta atividades como: (1) planeamento de necessidades e capacidades disponíveis para satisfazer a procura, (2) planeamento de receção de materiais, (3) assegurar a utilização do equipamento, (4) escalonar as atividades de produção, (5) rastrear materiais, pessoas, ordens de clientes, equipamentos, ferramentas e outros recursos da fábrica, (6) ter resposta rápida a problemas inesperados e (7) comunicar com clientes e fornecedores (C. M. O. Silva, 2020).

O processo de tomada de decisão no planeamento da produção pode ser de elevada complexidade e deve relacionar os vários horizontes temporais do planeamento, as entradas, a função do PCP e as saídas. As funções do PCP são: (1) a longo prazo planear os recursos de forma a definir como produzir, (2) a médio prazo definir planos de produção de modo a definir o quê e em que quantidades produzir, (3) a curto prazo fazer uma programação de produção de forma a definir quanto produzir e (4) no imediato libertar a produção para definir onde e quem produzir (Contador, 2010).

O fluxo de informações que compõe o departamento de PCP é apresentado na Figura 4 e ajuda a entender o funcionamento do mesmo quanto à rotina de trabalho e às áreas diretamente envolvidas.

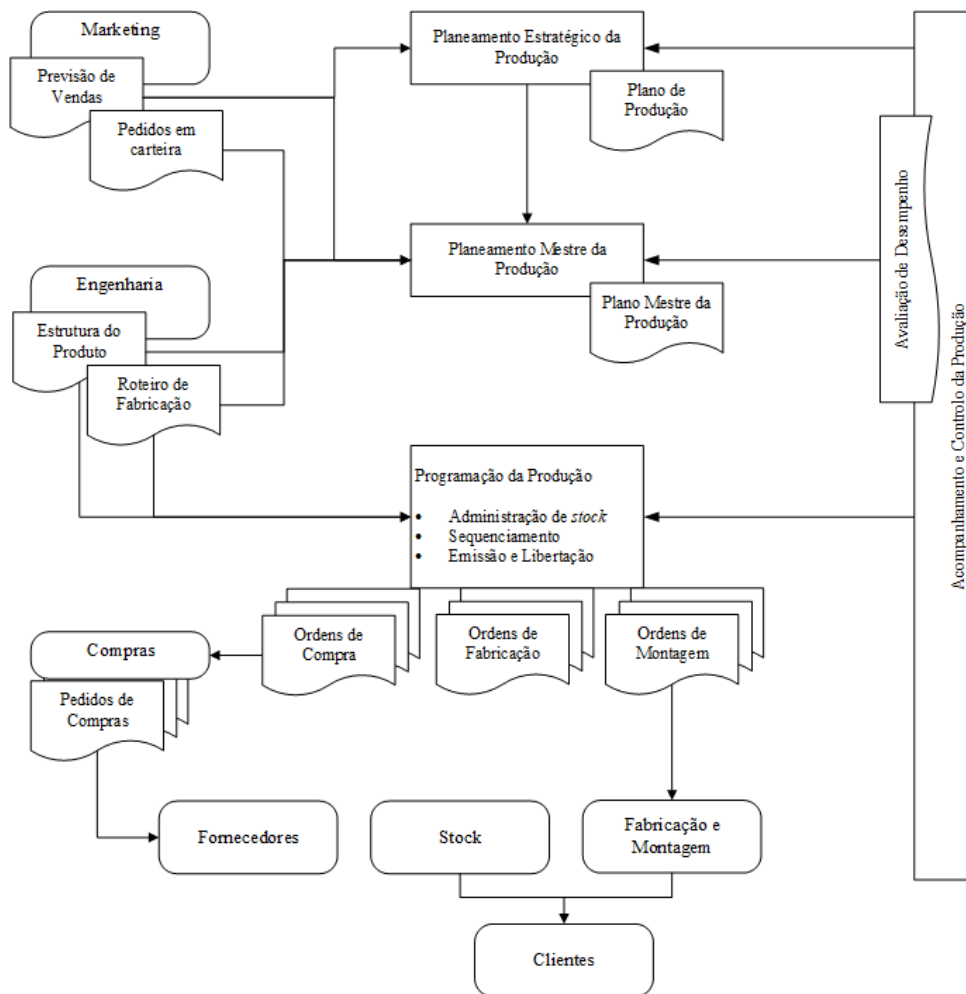


Figura 4 - Fluxo de informações do PCP, adaptado (Miranda, 2013)

O controlo da atividade da produção tem como âmbito o controlo e supervisão da produção no chão-de-fábrica, a curto prazo. Silva (2020) verifica que este controlo pode ser distinguido em quatro fases: (1) lançamento dos trabalhos, (2) afetação ou distribuição de carga pelos centros de trabalho, (3) sequenciamento dos trabalhos em cada centro e (4) supervisão e controlo do fluxo de tarefas ao longo da produção.

2.2.2 Escalonamento da produção

A função de escalonamento da produção surge quando as decisões operacionais ganham importância e têm de ser tomadas e detalhadas decisões. Estas decisões passam por (1) alocar operações, equipamentos, materiais e mão-de-obra de acordo com a capacidade disponível, (2) definir a sequência de operações, (3) garantir prazos de entrega, (4) reduzir

os trabalhos em curso, (5) reduzir custos de operação e (6) aumentar a eficiência de produção (C. M. O. Silva, 2020).

Para realizar este escalonamento devem ser tidos em consideração fatores como a disponibilidade de recursos, a dependência entre tarefas, o tempo de processamento de cada tarefa e a sua data de início e de fim. O principal problema do escalonamento de operações consiste em encontrar a ordem pela qual as tarefas devem ser processadas (C. M. O. Silva, 2020).

Como métodos e técnicas de sequenciamento de operações destacam-se (1) o uso de regras de prioridade, (2) o programador experiente – Método Manual Empírico, (3) a seleção aleatória de um número reduzido de sequências, (4) modelos matemáticos de otimização; (5) a pesquisa local e (6) métodos heurísticos (C. M. O. Silva, 2020).

O autor verifica ainda que os sistemas de sequenciamento de operações com capacidade finita assistidos por programas implementados em computador auxiliam a produção, apresentando resultados bastante positivos pela possibilidade de alteração dos escalonamentos implementados de acordo com a capacidade disponível.

Ao longo do tempo têm sido desenvolvidos e estudados métodos de resolução de problemas de escalonamento de operações com base em algoritmos definidos. Amjad et al., (2018) classifica estes algoritmos fornecendo uma visão ampla dos algoritmos existentes dividindo-os em métodos exatos (ou de otimização), aproximados ou de heurísticas (Figura 5).

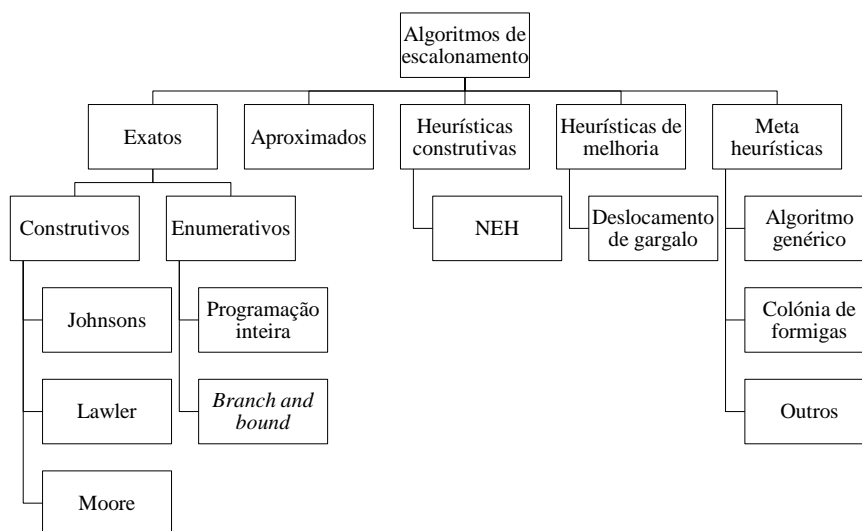


Figura 5 - Classificação para algoritmos de escalonamento da produção, adaptado (Amjad et al., 2018)

2.2.3 Modelos matemáticos de planeamento

Segundo Maravelias & Sung (2009) o planeamento de produção tem como objetivo permitir a uma empresa responder à procura dos seus clientes com um custo total mínimo. Este planeamento pode muitas vezes ser representado como um problema de rede, em que existe um nó para cada produto e período e arcos para a produção, satisfação da procura e *stocks*. Na Figura 6 são apresentados os vários fluxos presentes no planeamento da produção.

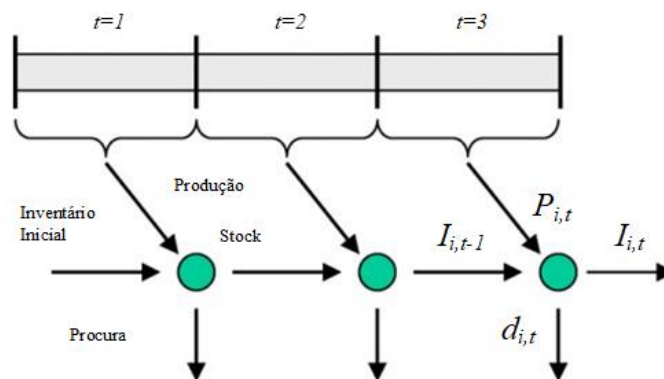


Figura 6 - Fluxos no planeamento da produção, adaptado (Maravelias & Sung, 2009)

De acordo com o autor os inputs do planeamento são: (1) Um horizonte temporal dividido em períodos \mathbf{T} relacionados com as entregas aos clientes, (2) Um conjunto de produtos (\mathbf{I}) com custos de posse (h_i) e a procura do produto (d_{it}) para um produto $i \in \mathbf{I}$ no fim do período $t \in \mathbf{T}$; (3) Capacidades dos recursos; (4) Custos de produção.

As decisões para otimizar o planeamento incluem: (1) Quantidade de produção (objetivo) P_{it} do produto $i \in \mathbf{I}$ no período temporal $t \in \mathbf{T}$; (2) Nível de inventário S_{it} do produto i no fim do período t (Maravelias & Sung, 2009).

Se assumirmos que a produção tem capacidade para satisfazer a procura esta pode ser planeada com base na formulação apresentada na Equação (1). Com base em funções do tipo $f(P_{it})$ (Equação (1).1) é possível modelar objetivos da produção e calcular custos de produção Cp_t em períodos temporais t com base em funções do tipo $g(P_{it})$ (Equação (1).2), custos de posse Ch_t (Equação (1).3) e o balanceamento do *stock* S_{it} para um produto i no fim do período t (Equação (1).4) (Maravelias & Sung, 2009).

$$\begin{aligned}
 \min CT &= \sum_{t \in T} (Cp_t + Ch_t) \\
 \text{s.t. } f(P_{it}) &\leq 0 \quad \forall t \quad (1.1) \\
 Cp_t &= g(P_{it}) \quad \forall t \quad (1.2) \\
 Ch_t &= \sum_i h_i S_{it} \quad \forall t \quad (1.3) \\
 S_{it} &= S_{i,t-1} + P_{it} - d_{it} \quad \forall i, t \quad (1.4) \\
 P_{it}, S_{it} &\geq 0 \quad \forall i, t
 \end{aligned} \tag{1}$$

Funções genéricas como $f(P_{it})$ e $g(P_{it})$ dependem das características da rede de processos e podem envolver um elevado número de restrições. A principal restrição define a quantidade de produtos P_{it} a produzir sendo que a última expressa os custos de produção em função desta quantidade. Para fornecer com precisão informações acerca da viabilidade e custos de produção são utilizados modelos detalhados com variáveis adicionais. Entre os vários métodos de planeamento da produção existem diferenças na sua modelação quando analisadas as restrições de recursos (Equação (1).1) e as restrições dos custos de produção (Equação (1).2). Estes modelos podem ainda ser determinantes em atividades como a formulação do tamanho dos lotes de produção (Maravelias & Sung, 2009).

2.2.4 Ferramentas de Planeamento da Produção

Para compreender as condições de PCP é necessário ter três pilares fundamentais: o cliente, o produto e o processo. Estas três entidades devem estar ligadas entre si para criar um sistema que possa ser planeado e controlado, em que os clientes estão ligados aos produtos e processos de forma direta e indireta. É importante ainda que as três entidades estejam vinculadas num nível estratégico na matriz produto-processo (Figura 7) que indica a relação entre os diferentes tipos de processos e as características da procura (Olhager & Wikner, 2000). Esta matriz permite conhecer, de acordo com os tipos de produto-processo se a produção deve realizar o projeto por encomenda (ETO), produzir por encomenda (MTO), montar por encomenda (ATO) ou produzir para *stock* (MTS).

| Tipo de Processo | Tipo de mix de produtos | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|
| | I. Baixo volume Não standard Peça única | II. Baixo volume, Vários produtos | III. Alto volume, Poucos produtos | IV. Alto volume, Standard, Mercadorias |
| I. Job shop | Projeto, flexibilidade. ¹ ETO ² | MTO ² | | vazio |
| II. Flow shop / Lotes | | | | ATO ² |
| III. Em linha | vazio | ATO ² | | Preço ¹ MTS ² |
| IV. Processo contínuo | | | | |

NOTAS: ¹ Vencedor de pedido típico; ² Ponto de desacoplamento típico do cliente-pedido

Figura 7 - Matriz Produto-Processo com descrição entre o volume e o mix do produto e a escolha do processo, adaptado (Olhager & Wikner, 2000)

A matriz relaciona a tipologia de mix de produtos produzida com quatro tipos de processos de produção: três para fabricação discreta e um último para processos contínuos. Devem ainda ser considerados processos com tipologia de produção por projetos. Esta ligação foi estendida em diferentes direções de modo a incluir aspetos como qualificadores de mercado, ou seja, verificar se caso o mesmo processo produza produtos para procura com tipologias distintas existe perda de foco e competitividade (Olhager & Wikner, 2000).

Ao contrário das outras tipologias de processos a produção por projetos é uma realidade para empresas de construção e outros produtos construídos no cliente. Para este tipo de processos sugerem-se sistemas de planeamento como o método do caminho crítico e a técnica de revisão de avaliação do programa. Neste caso deve ser calculada a duração mínima do projeto considerando todas as atividades que possam ser realizadas em paralelo. Com isto determina-se o caminho mais longo em todo o fluxo de produção. Podem ainda ser utilizados gráficos de Gantt e sistemas como o Planeamento das Necessidades de Materiais (MRPII, do inglês *Manufacturing Resources Planning*) e ERP (Olhager & Wikner, 2000).

As ferramentas de PCP variam consoante a abordagem pretendida. Quando se realiza uma abordagem de cima para baixo utiliza-se uma estratégia de fabricação como ponto de referência, enquanto uma abordagem de baixo para cima inicia-se com um suporte à decisão para as atividades de produção detalhadas. Ambas as abordagens beneficiam da modelação

de processos de negócios específicos ou de toda a empresa, fornecendo uma visão estruturada do sistema de PCP. Existem métodos e técnicas concebidos para o PCP como os sistemas de ponto de reabastecimento, MRP (Planeamento de Necessidades de Materiais, do inglês *Material Requirements Planning*) e *Kanban* (Olhager & Wikner, 2000).

Segundo Berry & Hill (1992) os modelos utilizados para estabelecer a ligação entre as características do mercado e o sistema PCP podem ser reduzidos a um com escolhas a três níveis distintos. No nível de programação mestre as escolhas são MTO, ATO ou MTS. Tipicamente, empresas com alto volume de produção e produtos padronizados escolhem produzir de acordo com a metodologia MTS, baseado em taxas de produção e um sistema *pull*. Já empresas com baixo volume de produção e muitos produtos padronizados optam por produzir de acordo com a metodologia MTO, de forma faseada e com sistemas *push* (Olhager & Wikner, 2000).

Olhager & Wikner (2000) projetou uma estrutura de referência que compara (1) a procura estimada baseada em taxas, (2) a procura faseada no tempo, que pode ser representativa de uma produção de alto volume, estável e com produtos padronizados e uma produção de baixo volume, com produção variável e (3) produtos customizados. Esta estrutura, apresentada na Tabela 3, pode ser interpretada considerando que T representa o conceito ou técnica pode ser eficaz numa procura faseada ao longo do tempo e R o conceito ou técnica que apenas é eficaz quando se verifique uma procura estável.

Tabela 3 - Principais características dos conceitos e técnicas de PPC., adaptado (Olhager & Wikner, 2000)

| Conceito / Técnica | Consideração do material: Foco no inventário (I) e/ou Coordenação de materiais (M) | Consideração de capacidade | Previsão de procura com base em taxas de variação, variáveis no tempo |
|-----------------------------------|--|----------------------------|---|
| Rede de atividades | M | Análise especial | R,T |
| Cadeia Crítica | M | Sim | R,T |
| Planeamento de fluxo de processo | I,M | Sim | R,T |
| Gestão de procura | - | - | R,T |
| Planeamento de vendas e operações | I,M | Sim | R,T |

| | | | |
|--|-----|-------------------------------|-----|
| Teoria das Restrições (TOC, do inglês <i>Theory of Constraints</i>) | I,M | Sim | R,T |
| Controlo Periódico | I | Sim | R |
| Gráfico de Gantt | M | Sim | R,T |
| Agendamento Finito | M | Sim | R,T |
| MRP | M | CRP | R,T |
| Planeamento de modelo misto | M | Balanceamento | R,T |
| Ponto de reabastecimento | I | Não | R |
| Kanban | I,M | Projeto: Sim Execução: Não | R |
| Planeamento mestre em vários níveis | I,M | Sim | R,T |

Para estudar a relação entre os sistemas de aplicação e os conceitos e técnicas de PCP foi elaborada a Tabela 4, sendo que um visto indica que o respetivo conceito ou técnica se aplica ao sistema. Os sistemas de aplicação analisados são (1) sistemas ERP, (2) Gestão da Cadeia de Abastecimento, (3) Planeamento e Programação Avançados e (3) outras soluções específicas de acordo com a realidade da empresa.

Tabela 4 - Relação entre as ferramentas de PCP e os sistemas de aplicação, adaptado (Olhager & Wikner, 2000)

| Conceito / Técnica | ERP/SCM | APS | Soluções específicas |
|--|----------------|------------|-----------------------------|
| Rede de atividades | ✓ | | ✓ |
| Cadeia Crítica | | | ✓ |
| Planeamento de fluxo de processo | | ✓ | ✓ |
| Gestão de procura | ✓ | ✓ | ✓ |
| Planeamento de vendas e operações | ✓ | | |
| TOC | | ✓ | ✓ |
| Controlo Periódico | | ✓ | ✓ |
| Gráfico de Gantt | ✓ | ✓ | ✓ |

| | | | |
|------------------------------------|---|---|---|
| Agendamento Finito | ✓ | ✓ | |
| MRP | ✓ | ✓ | |
| Planeamento de modelo misto | ✓ | | ✓ |
| Ponto de reabastecimento | ✓ | | |
| <i>Kanban</i> | ✓ | | ✓ |

2.3 ERP – *Enterprise Resource Planning*

Os Sistemas de Informação (SI) estão em constante evolução desde que os mais elevados níveis de gestão das organizações aumentaram o seu interesse nos processos e na cadeia produtiva. Segundo Padilha & Marins (2005) os níveis hierárquicos que até ao início dos anos 90 eram considerados básicos (estratégico, tático e operacional) não eram realistas face à atualidade empresarial. Foi então que surgiu a necessidade de implementar um novo nível hierárquico crítico para o sucesso dos fluxos de informação dentro da empresa: o do conhecimento. Com este novo nível surge a necessidade de criar um tipo de SI capaz de relacionar todos os níveis hierárquicos da organização, surgindo os sistemas ERP. Esta evolução dos SI surge com o aparecimento do MRP, seguindo o aparecimento do MRPII e por fim o ERP (Padilha & Marins, 2005).

Um ERP é uma ferramenta de *software* utilizada na gestão de todos os dados da empresa que fornecem informações quando necessários e a quem precisa. Estes sistemas permitem a uma empresa gerir toda a sua cadeia de abastecimento através de módulos altamente configuráveis ligados entre si por um sistema de informação e uma base de dados comum. As entradas do sistema são os parceiros, colaboradores e clientes da organização (Pimentel, 2012). Dentro da cadeia de abastecimento podem ser geridas atividades como: receção de materiais, gestão de *stocks*, gestão de pedidos de clientes, planeamento e gestão da produção, expedição, contabilidade, gestão de recursos humanos e todas as outras atividades inerentes às empresas atuais (Ragowsky & Somers, 2014).

Estes sistemas adotam uma arquitetura do tipo Cliente-Servidor composta por um conjunto de aplicações modulares integradas que suportam todas as áreas funcionais (Pimentel, 2012). O Microsoft SQL Server é um sistema robusto que permite um grande número de acessos em simultâneo, tem uma grande capacidade de armazenamento e possui um sistema sólido de controlo de acessos e segurança. Com esta arquitetura a rede recebe

informações de diferentes “clientes” (utilizadores) que armazena no servidor dentro de uma base de dados.

Os sistemas ERP permitem otimizar significativamente todos os processos de uma empresa com o aumento da sua competitividade através da redução dos custos e da melhoria das características dos produtos agregando mais valor aos mesmos e diferenciando-se da concorrência (Padilha & Marins, 2005). Em média, os custos com *stocks* podem ser reduzidos em 20 a 30%, os custos com matérias-primas podem ser reduzidos em cerca de 15% e todos os tempos e custos de produção podem ser significativamente reduzidos (Ragowsky & Somers, 2014).

No entanto, estes sistemas têm um custo de desenvolvimento e implementação bastante elevado podendo representar cerca de 2% do valor de vendas anuais numa pequena e média empresa, para além dos seus custos elevados de manutenção. Para medir os benefícios de implementação de um sistema ERP deve ser analisada a quantidade de esforço duplicado que o sistema elimina e o aumento de eficiência que resulta com esta implementação. Isto pode resultar numa redução do número de funcionários, num aumento da produtividade, numa centralização das informações e num melhor controlo das compras, do nível de *stock*, da produção, da área financeira e dos recursos humanos (Ragowsky & Somers, 2014; Ralph Stair; George Reynolds, 2017).

Num caso de estudo realizado numa empresa de fabrico de produtos para a indústria e laboratórios químicos verificou-se que a implementação de um sistema ERP permitiu uma redução do *lead time*, um aumento do desempenho no prazo de entrega, uma diminuição do *Work in Progress* (WIP) e a redução de semanas para horas da vida útil de um pedido no chão-de-fábrica (Ragowsky & Somers, 2014).

2.3.1 Sistemas ERP e o Planeamento da Produção

Leschke (1998) sugere uma *framework* capaz de demonstrar a relação entre as operações de uma empresa e a sua estratégia corporativa sendo os sistemas ERP a ferramenta ideal para conseguir integrar esta relação. Isto reforça a importância do módulo de operações num sistema deste tipo devido ao elevado número de ações que podem ser aqui tomadas, sendo o cálculo das necessidades e o planeamento da produção provavelmente as ações de maior complexidade dentro deste módulo.

Por volta do ano 2000 os grandes fabricantes de sistemas ERP passam a integrar como complemento dos mesmos sistemas APS. Estes sistemas são soluções de planeamento de

produção que se baseiam em restrições e programação no chão-de-fábrica e permitem às empresas responder de forma rápida e eficiente a mudanças inesperadas respondendo à procura com prazos de entrega mais curtos. Assim, estes sistemas lidam com as atividades diárias da empresa para análise e apoio à decisão (Hvolby & Steger-Jensen, 2010). A Figura 8 ilustra a integração entre os sistemas ERP e os sistemas APS.

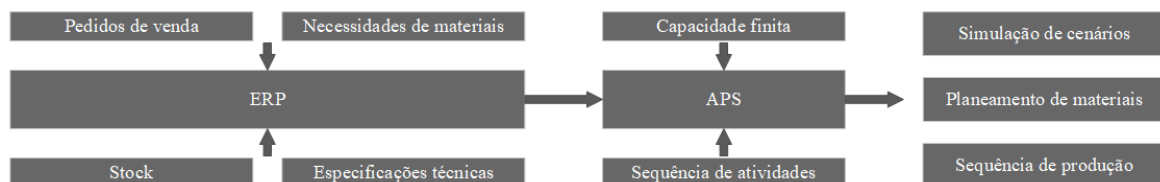


Figura 8 – Integração entre sistemas ERP e sistemas APS, adaptado (Madeira, 2013)

Maravelias & Sung (2009) verifica que o planeamento da produção de empresas com elevados índices de vendas sujeitas a restrições muito complexas representa uma tarefa desafiadora devido à complexidade na definição de objetivos de produção viáveis e próximos aos limites dos sistemas. Para fazer face a este desafio pesquisadores e profissionais de engenharia de sistemas de processos propuseram métodos de planeamento da produção que incorporam submodelos de programação. Em termos de formulação isto significa que devem ser utilizadas formulações mais detalhadas em restrições de recursos e custos de produção. estas formulações podem ser agrupadas em três categorias: modelos de programação detalhados, relaxamentos/agregações de programação e modelos substitutos derivados de análise *offline* das instalações de fabricação.

Como os modelos integrados de programação do planeamento podem ser de difícil implementação existem estratégias que podem solucionar este problema e são classificadas na utilização de modelos hierárquicos, iterativos e de espaço completo (Figura 9). As duas primeiras estratégias decompõem o problema integrado em um subproblema mestre e um subproblema sendo que a última estratégia considera o problema de forma integrada (Maravelias & Sung, 2009).

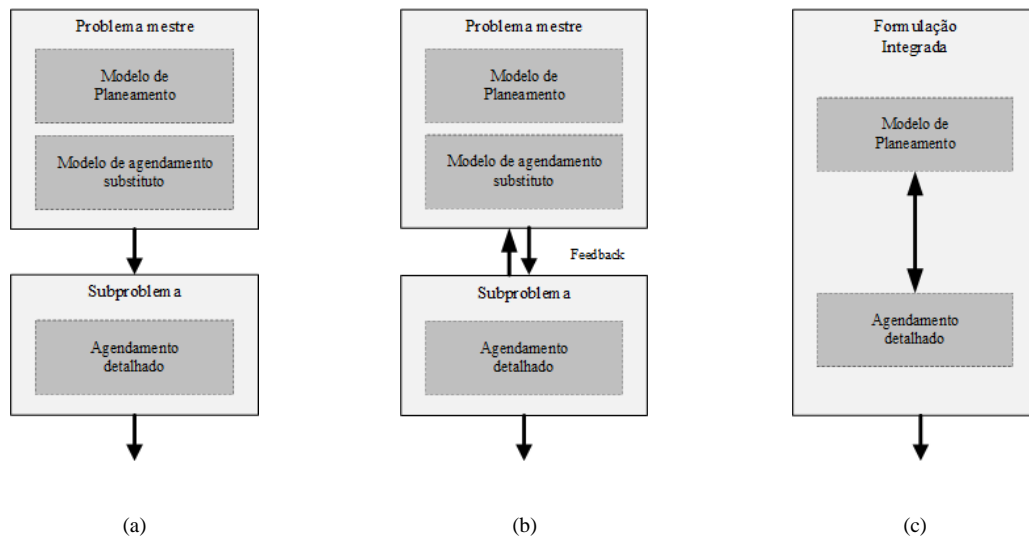


Figura 9 - Estratégias de soluções para planeamento da produção integrada: (a) Modelos Hierárquicos; (b) Modelos Iterativos; e (c) Modelos de Espaço Completo, adaptado (Maravelias & Sung, 2009)

Embora existam muitas classes para os problemas de agendamento das várias tarefas da produção as principais decisões geralmente devem-se à atribuição de tarefas de produção a unidades de processamento e ao sequenciamento e tempo das tarefas em cada unidade. Assim, o problema geral de agendamento pode ser estruturado por dados das instalações de produção, receitas de produção detalhadas, custos de produção e objetivos de produção (Maravelias & Sung, 2009).

Com o planeamento integrado pretende-se alocar os recursos (unidades de equipamentos e utilidades) em tarefas de processamento e definir a sequência e o tempo das tarefas em cada unidade de processamento. Saniuk (2013) verifica que a integração do planeamento num sistema ERP de uma empresa permite a melhoria de produtividade dos recursos de produção que resulta num efeito positivo no seu desenvolvimento.

2.4 Ferramentas *Lean*

De acordo com Womack & Jones (1997) o *Lean* é definido como um processo que inclui quatro etapas: definir o valor para o cliente, definir o fluxo de valor fazendo-o fluir, estabelecer o *pull* do sistema e por último realizar um esforço para obter a excelência. Esta filosofia permite a uma organização melhorar a flexibilidade do seu sistema face às rápidas e exigentes mudanças a que estas estão constantemente sujeitas, melhorar a sua participação no mercado face à concorrência, produzir um melhor resultado operacional e obter um

ambiente cultural propício à minimização de resíduos resultantes dos vários processos (Gupta & Jain, 2013).

Existem várias ferramentas utilizadas para eliminar desperdícios numa organização, destacando-se as seguintes: 5S, *Just-In-Time*, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM, do inglês *Value Stream Mapping*), *Kaizen*, MRP, *Kanban*, entre outros. No entanto, ao longo deste projeto serão utilizadas as seguintes ferramentas: (1) Seis Sigma – esta ferramenta tem como objetivo melhorar os processos visando uma taxa de defeitos dentro de um sistema; (2) 5S – esta ferramenta tem como objetivo classificar, organizar, limpar, padronizar e manter os locais de trabalho organizados e limpos (Pepper & Spedding, 2010).

Destaca-se ainda a ferramenta VSM que verifica se existem atividades que não acrescentem valor e procede à sua eliminação de modo a garantir baixos *lead times* que permitam planear com base num fluxo otimizado. Foi realizada por Goriwondo & Mhlanga (2014) uma implementação de um VSM numa empresa de panificação que permitiu reduzir os defeitos em 20%, o *stock* em excesso em 18% e os movimentos desnecessários em 37%. Numa empresa de pintura foi implementado por Rajenthirakumar et al. (2011) um VSM que permitiu identificar que cerca de 72,85% das atividades não acrescentavam valor ao produto. Existem ainda muitos outros casos que demonstram os resultados benéficos para uma organização que podem ser obtidos pela implementação desta ferramenta (Gupta & Jain, 2013).

2.4.1 Seis Sigma

Esta metodologia foi desenvolvida na Motorola pelo engenheiro Bill Smith em 1887. No entanto, o Seis Sigma tornou-se popular através do trabalho de Jack Welch em 1995 que observou o sucesso de experiências de implementação desta metodologia através da abordagem de Bill Smith (Pepper & Spedding, 2010). A Motorola alcançou um enorme sucesso em 1988 com a atribuição do prémio Nacional de Qualidade Malcolm Bridge motivado pela implementação desta metodologia, tendo obtido ganhos de 2,2 biliões de dólares entre o final da década de 80 e o início da década de 90 (Werkema, 2012).

Desde a sua popularidade esta metodologia já demonstrou uma elevada taxa de sucesso num amplo espectro de indústrias tendo como base o pensamento *Lean* e permitindo assim às empresas realizar aliança estratégicas e dar visibilidade no mercado em que atue (Pepper & Spedding, 2010).

O termo “Seis Sigma” refere-se a uma medida estatística da taxa de defeitos dentro de um sistema, ou seja, da taxa de valores que fujam dos limites inferiores e superiores aceitáveis para o processo. Apoiada em técnicas estatísticas, apresenta uma abordagem estruturada e sistemática de melhoria de processos, com o objetivo de atingir uma taxa de defeitos baixa de 3,4 defeitos para cada milhão de oportunidades (Pepper & Spedding, 2010).

Os projetos Seis Sigma são organizados e realizados seguindo o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, do inglês *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*) e devem seguir a metodologia apresentada na Figura 10 em que são definidas tarefas para cada uma das cinco etapas. Segundo Werkema (2012) este método é constituído por cinco etapas: (1) *Define* (**Definir**) – na primeira etapa do ciclo deve ser definido com precisão o âmbito do projeto, (2) *Measure* (**Medir**) – determinar a localização ou foco do problema com medições dos dados relacionados, (3) *Analyze* (**Analisar**) – determinar as causas de cada problema, (4) *Improve* (**Melhorar**) – propor, avaliar e implementar soluções para cada problema, (5) *Control* (**Controlar**) – garantir que a longo prazo os objetivos definidos na primeira etapa são atingidos.

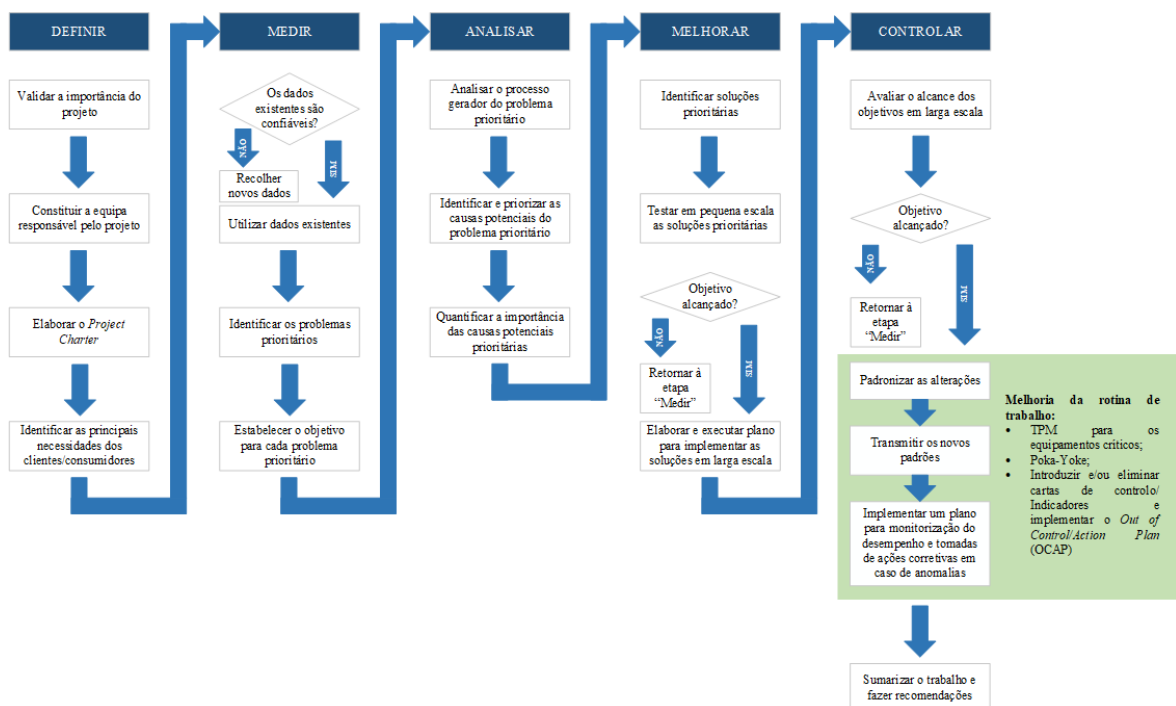


Figura 10 - Metodologia de implementação do método Seis Sigma, adaptado (Werkema, 2012)

De acordo com Werkema (2012) para que se atinjam os resultados estratégicos da empresa diversas ferramentas que são utilizadas de maneira integrada às etapas do DMAIC, que se transforma em um método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas. Assim, para cada etapa podem ser utilizadas as seguintes principais ferramentas:

- *Define* (Definir): Mapa de raciocínio, *Project Charter*, Gráfico sequencial, Análise Económica, Métricas *Lean* e Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM);
- *Measure* (Medir): Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (MSE), Folha de verificação, Amostragem, Diagrama de Pareto, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Histograma, *Boxplot*, Métricas *Lean* e *Kaizen*;
- *Analyze* (Analisar): Fluxograma, Mapa de Processo, Mapa de Produto, FMEA, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Diagrama de Dispersão, *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, Teste de Hipóteses e Planeamento de Experiências;
- *Improve* (Melhorar): *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), FMEA, Simulação, *Kaizen*, *Kanban*, 5S, TPM, *Poka-Yoke*, Gestão Visual, Teste de Hipóteses, Métricas *Lean*, Diagrama de *Gantt* e TPM;
- *Control* (Controlar): Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (MSE), Diagrama de Pareto, Carta de Controlo, Histograma, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Métricas *Lean*, 5S, TPM, *Poka-Yoke*, Gestão Visual, Manuais, Reuniões, Palestras, *On the job training* (OJB) e Amostragem.

Segundo Werkema (2012) existe ainda uma correspondência entre o método DMAIC e o Ciclo PDCA ao longo das suas etapas de implementação. Como se verifica na Figura 11 o método DMAIC dá grande ênfase ao planeamento antes de executar qualquer ação



Figura 11 - Correspondência entre o método DMAIC e o ciclo PDCA (Werkema, 2012)

Werkema (2012) diz que para que um projeto *Lean Seis Sigma* implementado numa organização seja bem-sucedido é preciso garantir as seguintes condições: (1) a administração da empresa deve patrocinar o projeto alocando recursos suficientes para a sua consolidação, (2) o processo de mudança associado à implementação do Seis Sigma deve ser gerido estrategicamente, (3) os resultados do projeto devem ser traduzidos para a linguagem financeira, (4) o projeto deve estar associado às metas prioritárias da empresa, (5) os especialistas do *Lean Seis Sigma* deve estar altamente dedicados ao desenvolvimento do projeto, (6) os primeiros resultados do projeto devem ser concretizados no curto prazo, (7) a integração do *Lean Seis Sigma* deve estar ajustada à realidade da empresa, (8) os especialistas envolvidos no projeto devem ter o perfil adequado, (9) em toda a empresa devem ser divulgadas as etapas da implementação e dos resultados alcançados com o programa e (10) devem ser utilizadas ferramentas de análises apropriadas e ajustadas ao processo.

Foi realizado por Pugna et al. (2016) um estudo da utilização da metodologia Seis Sigma numa indústria automóvel para melhorar o seu processo de montagem. Com esta metodologia foi possível melhorar o design de uma ferramenta manual de rebtagem de forma a permitir um manuseio mais suave. Foi ainda instalado um sistema Poka-Yoke que sinalizava acústica e visualmente quando atingido um valor objetivo. Com isto foi possível colocar o processo de rebtagem controlado, melhorar a capacidade do processo substancialmente e reduzir os defeitos em 40% pela melhoria do processo e em 30% pela escolha de fornecedores mais adequados.

2.4.2 5S

As organizações são confrontadas com condições que podem condicionar o bom aproveitamento de todos os seus recursos comprometendo o seu desempenho. Estas condições estão muitas vezes relacionadas com questões de organização do local de trabalho que se manifestam em problemas como prazos de entrega mais longos, atraso nas entregas aos clientes, baixa produtividade, custos operacionais elevados, desafios ergonómicos, falhas frequentes de equipamentos e riscos de segurança (C. D. Chapman, 2005).

De modo a evitar ações corretivas sistemáticas para fazer face a estas questões deve ser implementada a ferramenta 5S como base de todas as melhorias a serem realizadas numa organização (C. D. Chapman, 2005; Senthil Kumar et al., 2022). Esta ferramenta tem origem na filosofia japonesa e aborda cinco elementos básicos das organizações: sentidos de

Utilização, Organização, Saúde e Higiene, Limpeza e Autodisciplina (Senthil Kumar et al., 2022). Na Tabela 5 são apresentados estes elementos pela sequência lógica de implementação e qual a sua função.

Tabela 5 - Elementos da ferramenta 5S (Senthil Kumar et al., 2022)

| Nº S | Elemento dos 5S | Senso | Função |
|------|-----------------|-----------------|--|
| 1 | Seiri | Utilização | Manter no local de trabalho apenas os objetos necessários |
| 2 | Seiton | Organização | Organizar objetos para ter fluxo de trabalho eficiente |
| 3 | Seiso | Limpeza | Limpeza no local de trabalho |
| 4 | Seiketsu | Saúde e Higiene | Estabelecer padrões para uma organização constantemente organizada |
| 5 | Shitsuke | Autodisciplina | Manter e monitorizar os padrões estabelecidos |

Como vantagens desta ferramenta destacam-se a redução de recursos humanos, esforço, espaço, capital e tempo para produzir com menores taxas de não conformidades num ambiente de trabalho mais disciplinado, limpo e organizado (C. D. Chapman, 2005). Dependendo do tipo de aplicação podem ser obtidos aumentos de produtividade de 68% com base em estudos de implementação dos 5S numa indústria que se destina ao fabrico de sistemas de motores e materiais relacionados (Senthil Kumar et al., 2022).

2.5 Visão Global sobre a indústria metalomecânica em Portugal

Nesta secção pretende-se apresentar uma visão global sobre a evolução e o estado atual da indústria metalomecânica em Portugal. Este estudo analisa três grandes variáveis da indústria: (1) o volume de negócios, (2) o número de empregados e (3) o número de empresas.

Em 2020 a indústria metalomecânica compreendia cerca de 0,79% das empresas em Portugal (10.318 empresas), 4,03% das pessoas ao serviço (188.675 pessoas) e 6,16% do volume de negócios (24.331 milhões de euros) (INE, 2022). Como se verifica na Figura 12 a evolução do número de empresas da indústria metalomecânica ao longo do tempo segue a mesma tendência que a evolução do número total de empresas em Portugal. No entanto, o número de empresas em atividade no setor aumentou cerca de 0,02% em relação ao ano

anterior, aumento inferior ao registado para o total das empresas (1,85%) (Banco de Portugal, 2021).

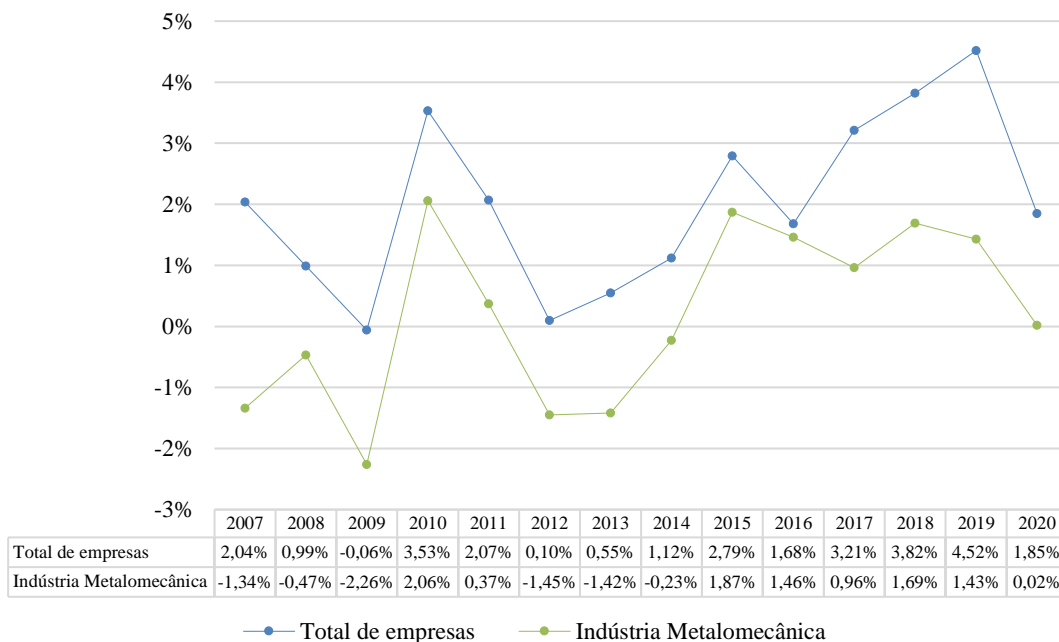


Figura 12 - Taxa de variação anual do total de empresas em Portugal e de empresas da Indústria Metalomecânica, adaptado (Banco de Portugal, 2021)

A indústria metalomecânica tem três distintos segmentos de atividade económica: (1) metalúrgicas de base, (2) produtos metálicos e elétricos e (3) equipamentos de transporte. Por se dedicar à conceção de estruturas metálicas a Poço, S.A. está inserida no segundo setor que engloba fabricação de produtos metálicos. Por segmento de atividade verifica-se que é o setor de produtos metálicos e elétricos que em 2020 regista um maior número de empresas com cerca de 90% do total de empresas nesta indústria. Este setor ainda empregava cerca de 69,53% do número total de pessoas nesta indústria e representava cerca de 48,47% do volume de negócios total (Banco de Portugal, 2021).

Ao analisar a classe de idades verifica-se que 63,81% das pessoas estão a trabalhar no setor há mais de 20 anos e existe um baixo número de pessoas com uma antiguidade no setor até 10 anos. Isto pode indicar que a classe de idades das pessoas ao serviço é elevada representando uma baixa entrada de novas pessoas. Quando analisado o número de empresas verifica-se que é também na classe de mais de 20 anos que se verifica o maior número (33,73%), verificando-se, contudo, um elevado número de empresas novas no setor com

existência até 5 anos (25,30%). Isto pode indicar maior investimento no setor com a criação de novas empresas e assim novos postos de trabalho (Banco de Portugal, 2021).

As exportações têm um elevado peso no setor da indústria metalomecânica sendo cada vez mais significativas no seu volume de negócios. Em 2020 as exportações representavam 62,31% do volume de negócios no setor e 46,69% no segmento de produtos metálicos e elétricos do setor, segmento em que se insere a atividade da Poço, S.A. (Banco de Portugal, 2021).

A aplicação de metodologias *Lean* em indústrias que atuam na indústria metalomecânica permitem aumentar o desempenho de 17,1% para os 74,3% através do método 5S, reduzindo o desperdício de recursos e aumentando a sua produtividade (A. C. B. de Sousa, 2014).

3 Análise e Discussão de Resultados

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos com a realização deste projeto. Este capítulo divide-se em cinco secções de acordo com as etapas do ciclo DMAIC utilizado na metodologia Seis Sigma, tendo sido realizadas para cada etapa deste ciclo as tarefas apresentadas na Figura 13.



Figura 13 Tarefas a realizar no projeto por etapa do ciclo DMAIC

3.1 D – Definir

Nesta primeira etapa é importante definir quais serão os processos de fabrico alvo do estudo deste projeto. Os processos de fabrico da empresa são complexos e como tal devem

ser compreendidos antes de realizar qualquer metodologia de planeamento da produção. Na Figura 14 é apresentado o fluxo que uma peça pode seguir a longo da produção.

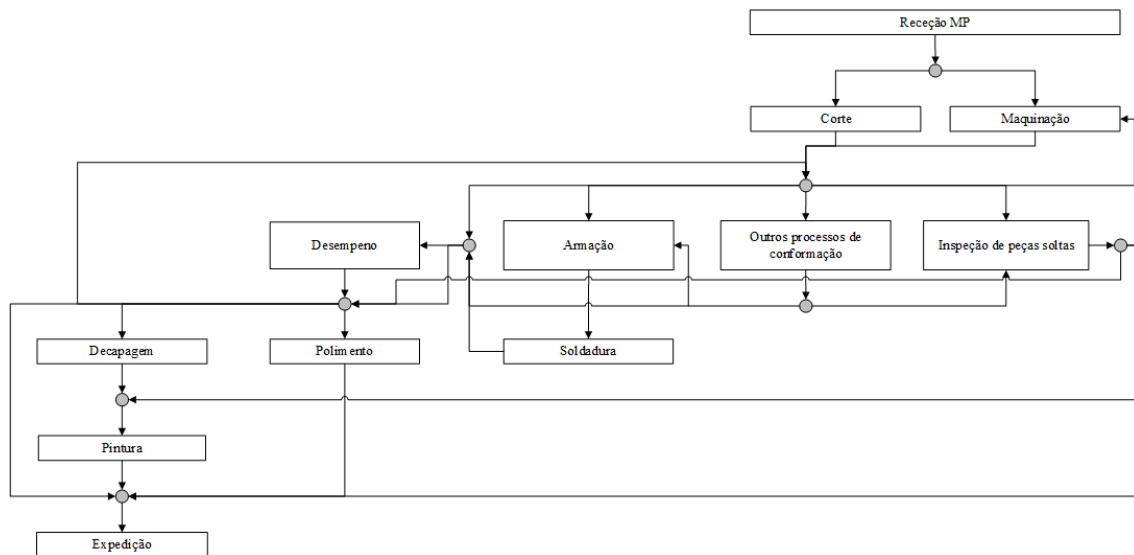


Figura 14 - Fluxograma de processos de fabrico

Conhecendo os processos de fabrico da empresa torna-se evidente quais são os principais processos que determinam o início do fluxo de produção das peças. Face a esta evidência e às evidências já detetadas pela empresa determina-se que os processos que serão âmbito deste projeto serão: corte, maquinação e armação.

É ainda importante definir a estratégia que se pretende seguir com a implementação de um planeamento integrado da produção que contemple a preparação de materiais para processamento, sendo para isso sugerida a metodologia apresentada no Anexo B. Com a implementação de um sistema de planeamento integrado no ERP da organização pretende desenvolver-se um sistema que permita facilmente fazer o planeamento da produção de acordo com a carga diária das máquinas e assegurar a cadeia de abastecimento considerando os prazos de entrega dos clientes. Assim, ao serem conhecidos os rácios de produção podem ser determinadas estratégias de planeamento que vão de acordo com as necessidades.

Este processo deve ser automatizado sendo reportado ao sistema quando um conjunto tiver todos os respetivos croquis produzidos. Para isto devem ser contempladas as diversas operações associadas aos mesmos sendo que quando estiverem realizadas todas as operações de fabrico o estado de cada croqui deve ser colocado como “Produzido”.

3.1.1 Sistema de Produção da Poço

O que define a dificuldade em planear e acompanhar a produção de forma eficaz é o tipo de sistema de produção. Quanto menor a variedade de produtos produzidos por uma empresa com o mesmo número de recursos mais simples é o trabalho do PCP (Miranda, 2013). Assim, é importante definir o sistema de produção da Poço, S.A. de modo a definir metodologias e estratégias que vão de encontro às necessidades e à realidade da empresa.

A Poço é uma empresa que se dedica à transformação e processamento de materiais metálicos para produção de estruturas metálicas com recurso a diversas operações. Em função do produto o sistema de produção da Poço define-se como um sistema de produção com fluxo intermitente por encomenda (projeto) devido à grande diversidade das peças produzidas e lotes de fabricação reduzidos. Pela Tabela 1 verifica-se que o sistema de produção da empresa preenche todos os requisitos de um sistema com fluxo intermitente: (1) volume de produção médio, (2) existe uma grande variedade de produtos, (3) existe uma alta flexibilidade em todos os processos produtivos, (4) a MOD deve ser altamente qualificada devido à especificidade das operações, (5) o layout está definido por processo, (6) o Lead Time é médio variando com o peso de cada obra e (7) existe um alto fluxo de informação.

Por outro lado, verifica-se ainda que este sistema possui características de um sistema de produção em série dado que se verifica que existe uma sequência linear de operações até obter o produto final. Ou seja, uma operação depende sempre da conclusão de uma operação anterior para poder ser realizada. Por exemplo, para que as peças possam ser armadas o material deve ser cortado, podendo ou não existir operações intermédias entre estas duas. Com isto conclui-se que o sistema de produção da empresa é complexo dado que compreende características de dois sistemas de produção distintos, sendo classificado na sua atividade principal como um sistema de produção com fluxo intermitente por projeto.

Quando classificado o sistema pelo tipo de fluxo de produto de produto e tipo de atendimento ao consumidor o sistema está orientado para a encomenda sendo as operações a realizar a cada peça variadas de acordo com o projeto do cliente.

Numa empresa que trabalha com um fluxo intermitente podem existir dificuldades em gerir os recursos físicos e humanos devido à diversidade dos projetos solicitado, o que pode impossibilitar realizar um planeamento da produção preciso. Neste tipo de sistema produtivo o objetivo é minimizar o tempo de conclusão das diferentes atividades no menor tempo possível (Miranda, 2013).

No entanto, um sistema de produção com fluxo intermitente ganha em flexibilidade quando comparado com um sistema de produção em série, porém perde em volume de produção (Miranda, 2013).

Considerando ainda os fluxos dos produtos ao longo da cadeia de abastecimento o sistema de produção da Poço, S.A. pode ser definido como *job-shop* e o ambiente do sistema é do tipo ETO e MTO. O sistema da empresa possui todas as características de um *job-shop*: (1) cada peça tem a sua ordem de processamento, (2) os colaboradores devem ser altamente especializados, (3) existe necessidade recorrente de resolução de problemas técnicos, (4) é produzida uma alta variedade de produtos e (5) o fluxo de trabalho é variável.

Em sistemas de produção complexos como o da Poço, S.A. existem diversas abordagens para lidar com a crescente complexidade do ambiente de produção. Neste tipo de sistemas são aplicadas regras como o FIFO (primeiro a entrar primeiro a sair, do inglês *First In First Out*), menor tempo de processamento (SPT, do inglês *Shortest Processing Time*) e a primeira data de vencimento (EDD, do inglês *Earliest Due Date*). No entanto, uma das abordagens que apresenta resultados mais promissores em sistemas com ambientes complexos é a aprendizagem por reforço (RL, do inglês *Reinforcement Learning*) devido à sua natureza descentralizada, autónoma, de autoaprendizagem e otimização (Kardos et al., 2020).

Esta abordagem é uma área que atua sobre as máquinas de modo a determinar algoritmos que permitam às máquinas tomar decisões em alterações no ambiente (Dayan & Niv, 2008). Neste tipo de ambientes o RL permite reduzir com sucesso o lead-time de ordens de produção em ambientes deste tipo, verificando-se que à medida que a complexidade do ambiente de produção aumenta a aplicação desta ferramenta apresenta maiores benefícios (Kardos et al., 2020).

3.1.2 Descrição geral dos processos produtivos e máquinas

A empresa dedica-se à produção de estruturas metálicas através do corte e conformação, furação, armação, soldadura e montagem, utilizando como matéria-prima o ferro em formato de chapa, barra, tubo, varão, perfil ou viga. A área produtiva da empresa tem o layout apresentado no Anexo C. De seguida serão descritos os principais processos utilizados na empresa que serão analisados neste relatório de forma a definir os seus limites: secção 3.1.2.1 – Corte, secção 3.1.2.2 – Maquinação e secção 3.1.2.2 – Armação.

3.1.2.1 Corte e Furação

O processo de corte consiste na obtenção de uma ou mais peças retiradas de MP como uma chapa, barra, tubo, varão, perfil ou viga pelo corte. As máquinas de corte podem utilizar diferentes tecnologias dependendo da tipologia de matéria-prima (MP), dimensões, espessuras e complexidades. Na Tabela 6 descrevem-se de forma sucinta as tecnologias de corte utilizadas na empresa. A seleção da máquina a utilizar varia consoante o tipo e dimensões do material a cortar e o tipo de acabamento que se pretende na peça, sendo as diferentes máquinas utilizadas na empresa apresentadas no Anexo D.

Tabela 6 - Tecnologias de corte utilizadas na empresa por tipo de material

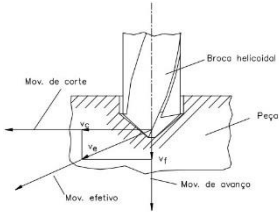
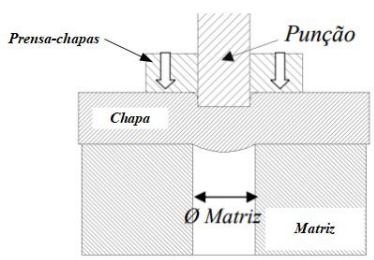
| Materiais | Tecnologia de corte | Descrição |
|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| Chapa | Corte por plasma de alta-definição | Nesta tecnologia um arco de gás inerte é emitido a partir de um eletrodo de tungsténio que é estrangido e passa através de um bocal arrefecido a água. O gás inerte forma o jato que ejeta o metal fundido na zona de corte. |
| | Corte por autogéneo (oxicorte) | Esta tecnologia provoca a rutura do material através de erosão térmica, onde o objeto metálico, após ser aquecido, é submetido a um jato de oxigénio, causando a sua oxidação. |
| | Corte por punção (Guilhotina) | No corte por punção posiciona-se a chapa entre duas lâminas, uma fixa e outra móvel. Uma força é aplicada na lâmina superior que se desloca e a peça metálica é atravessada até ao ponto de rutura. |
| Tubo, Varão, Perfil e Viga | Corte por laser | Nesta tecnologia o material, ao ser atingido pelo feixe de laser, aquece ao ponto de chegar ao seu ponto de fusão. Após o feixe de laser transpassar por completo o material num determinado ponto inicia-se o processo de corte. |
| | Corte por serra | O movimento é dado por um motor elétrico que aciona diretamente um volante que roda por arrastamento, sustentando a serra e guiando o movimento. |

É importante salientar que existem características das peças e dos materiais que podem ser determinantes na escolha da tecnologia de corte a utilizar, nomeadamente: (1) Sempre que se pretenderem cortar e furar peças em chapas com espessura inferior a 10 mm deve ser realizada em primeiro lugar uma operação de corte na guilhotina e de seguida furar a peça no engenho de furação (PG65); (2) As máquinas utilizadas no corte de vigas apenas têm capacidade de transformar vigas com um comprimento máximo de 14 metros; (3) O diâmetro dos furos deve ser igual ou superior a 1,5 vezes a espessura da chapa (Geomiq, 2021). Torna-

se ainda necessário os limites mínimos e máximos de cada máquina de corte de forma a elaborar ordens de trabalho de possível execução, apresentados no Anexo D.

O processo de furação envolve a realização de furos circulares ou oblongos em materiais metálicos. Na empresa são utilizados dois processos de furação descritos na Tabela 7: furação por broca ou furação por punção.

Tabela 7 - Processos de furação (Giordani, 2011; J. A. G. Sousa, 2011)

| Processo | Descrição | Representação gráfica do processo |
|---------------------------|--|--|
| Furação com broca | Este é um processo de maquinação com movimento de corte circular. A ferramenta possui movimento de avanço apenas na direção do seu eixo de rotação que mantém a posição em relação à ferramenta e à peça. É utilizada uma broca que é uma ferramenta de corte de extremidade rotativa, com uma ou mais lâminas e geralmente com uma ou mais ranhuras para passagem de aparas e fluídos de corte. |  |
| Furação com punção | Este processo de furação requer a utilização de uma matriz que define o diâmetro do furo na chapa. O processo provoca a perfuração da peça através do movimento e força transmitidos pela prensa ao pressionar o punção contra a chapa. |  |

A secção de corte, conformação e furação está equipada com os seguintes equipamentos:

- i. Dois centros de corte e furação com controlo numérico computadorizado (CNC), com processos de corte por serra de fita e furação por remoção de aparas, para perfis e tubos quadrados e retangulares com capacidade de corte de secção mínima de 80mm e máximo 1100mm. Em furação, diâmetro mínimo de 13 mm e máximo 50mm;
- ii. Centro de corte e furação CNC, através de processos de corte por guilhotina e furação através de punção, para perfis laminados, barras com 3x5 até 200x20 mm, cantoneiras com 30x5 até 150x16 mm, IPE100, HEA100 até HEA200;

- iii. Centro de malhetes em perfis e tubos quadrados/retangulares CNC: o processo de corte é com oxiacetileno e tem a mesma capacidade de receção de perfis que o centro CNC (i);
- iv. Centro de processamento de chapa CNC: corta a plasma de alta-definição em espessuras entre 3 a 40mm, com dimensões máximas de 6x2m. Realiza furação por libertação de apra e por punção e tem também capacidade de abrir roscas. Após o corte tem de se efetuar remoção de escória e rebarbas;
- v. Unidade de corte de chapa a autogéneo e plasma de alta-definição, com espessura máxima a plasma de 25mm e a autogéneo de 200mm. As chapas podem ter uma dimensão máxima de 12x3mts;
- vi. Unidade de furação CNC para furação de chapa por punção, com espessura mínima de 3mm e máxima de 20mm, e dimensão máxima da chapa 1,3x0,8mts;
- vii. Máquina de corte longitudinal e transversal: serve para cortar chapa com espessura mínima de 0.5mm e máxima de 2mm, e dimensão máxima da chapa 1,5m;
- viii. Dois serrotes de fita para corte de aço semiautomáticos;
- ix. Máquina de corte de perfis realizado através de tecnologia laser para corte de tubos com todos os formatos e outros perfis. Corta material com espessura mínima de 0,5mm e máxima de 8mm. O material pode ter uma largura máxima de 200mm e comprimento máximo de 9m.

3.1.2.2 Maquinação

No Centro de Maquinação são realizadas operações de maquinação em peças com origem nas máquinas de corte ou na própria secção. Nesta secção existe *stock* de materiais em forma de tubo, varão e barra em aço inoxidável ou aços de construção melhorados, com maior estabilidade dimensional em serviço ou em operações de maquinação e com propriedades mecânicas garantidas e maior integridade microestrutural.

Os processos de maquinação utilizados na secção são apresentados na Tabela 8, sendo também utilizados processos de corte por serra (Tabela 6) e furação com broca (Tabela 7).

Tabela 8 - Processos do Centro de Maquinação (Loureiro, 2020)

| Processo | Descrição |
|---------------------------------|--|
| Fresagem convencional | A fresagem é um processo de fabrico de obtenção de peças através da remoção de material por arranque de apara utilizando uma ferramenta multicortante: a fresa. Neste processo a MP está fixa na mesa e a unidade de corte é suportada e orientada de modo a interceptar o material a maquinar. No método convencional é utilizada uma fresadora manual sendo o operador a estabelecer manualmente os parâmetros na máquina de modo a obter a geometria final na peça. Numa fresadora CNC é elaborado um programa em CAM sendo que o operador apenas tem de abastecer a máquina com matéria-prima e colocar o programa em curso. |
| Fresagem CNC | |
| Torneamento convencional | O processo de torneamento é um processo de fabrico em que uma peça em rotação sofre um corte provocado por uma ferramenta multicortante em movimento de avanço. Tem como objetivo obter superfícies de revolução em torno do eixo principal de rotação da máquina (Ferreira, 2020). Tal como na fresagem existe o método convencional e por programação (CNC). |
| Torneamento CNC | |

3.1.2.3 Armação

A armação tem como principal função a junção de peças através de pingos de solda de acordo com os desenhos técnicos realizados na fase de projeto. Com esta junção obtém-se a forma pretendida para a peça final que deve ser enviada para a operação seguinte: soldadura.

3.2 M – Medir

Nesta etapa será feita uma primeira análise de modo a analisar a fiabilidade do lançamento dos registos de produção. De seguida serão estudados os tempos e capacidades da secção de corte e armação com base em registos históricos de modo a definir a sua capacidade produtiva. Face à falta de registos exatos de tempos e capacidades da secção de maquinação serão apresentadas ferramentas que permitam medir esta capacidade com base no conhecimento teórico sobre a execução deste tipo de operações.

3.2.1 Fiabilidade de Lançamento de Registos (FLR)

De modo a conhecer a fiabilidade associada aos lançamentos de produção das diferentes secções produtivas será analisada a Fiabilidade de Lançamento de Registos (FLR). Para ser conhecido esse indicador foram analisados os registos das treze obras produzidas na organização com maior peso total nos últimos dois anos, sendo este espaço temporal

determinado com base na fiabilidade do próprio sistema que tem vindo a evoluir ao longo do tempo (Tabela 9).

Tabela 9 - FLR médio por secção produtiva

| Secção | Corte | Armação | Soldadura | Pintura | Expedição |
|------------|--------|---------|-----------|---------|-----------|
| FLR | 91,93% | 92,97% | 81,10% | 86,22% | 95,54% |

É importante que a implementação do planeamento seja realizada de forma sequencial e com base em dados com elevada fiabilidade de modo a garantir que as capacidades de produção conhecidas sejam realistas e coerentes com a capacidade atual da organização. No entanto, verifica-se que os dados que serão analisados nas secções seguintes não são representativos da capacidade real de produção da organização pelos seguintes motivos:

- Não são lançadas em sistema todas as peças produzidas, sendo a soldadura e a pintura as secções com os piores resultados obtidos (FLR de 81,10% e FLR de 86,22%, respetivamente), sendo estas as secções com problemas no lançamento de registos;
- Por vezes existem peças que possam ser produzidas externamente que não originam registos de produção, apenas de subcontratação. Nestes casos, quando a peça é rececionada origina um lançamento na secção de corte independentemente da tipologia de peça.

Como seria expectável, dada a necessidade de emitir guias de transporte e controlar as saídas de produto final da organização, a secção de expedição é a que apresenta uma maior fiabilidade (FLR=95,54%). No entanto, esta não será considerada pelo facto de não ser uma secção produtiva e de as necessidades e capacidades de expedição diárias serem totalmente dependentes das datas determinadas pelos clientes.

3.2.2 Controlo de Tempos e Capacidades – Análise temporal dos registos da secção de Corte e determinação da sua capacidade produtiva

De forma a potenciar um bom desempenho do planeamento da produção devem ser analisadas as vertentes de desenvolvimento com maior interesse para a empresa e que têm influência direta para o projeto. Destacam-se os tempos previstos de operações, a capacidade de mão de obra e o escalonamento da produção.

É importante salientar que todos os estudos nesta secção foram realizados para o aço S275JR. Este é um aço estrutural laminado a quente, com baixo teor de carbono, normalizado pela EN 10025. O corte de outros aços pode implicar a alteração da velocidade de corte e consequentemente do tempo de corte, isto porque a dureza do aço está relacionada com a velocidade de corte.

No início do estudo, considerou-se importante ter um tempo macro previsto para conseguir acompanhar desde o princípio a implementação da ferramenta do planeamento. Para isso analisaram-se os dados fornecidos pelo SGI, entre 1 de dezembro de 2018 (data de início de registos) e 14 de dezembro de 2021 com rácios de kg/h. Numa fase inicial esta análise foi feita ao operador com mais experiência em cada máquina sendo os rácios obtidos apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Capacidade produtiva por máquina de corte, em kg/hora

| Máquina | Peso Cortado (kg) | Peças | Tempo (h) | Rácio (kg/h) |
|--|--------------------------|--------------|------------------|---------------------|
| Ficcp | 2.327.540,29 | 18.542 | 4.538,43 | 512,85 |
| Vernet HD 900 | 112.693,51 | 25.514 | 5.090,77 | 220,73 |
| Vernet MagB | 872.678,65 | 92.752 | 6.915,47 | 126,19 |
| Oxitome | 589.775,22 | 48.143 | 5.985,32 | 98,54 |
| Ficcp RD 100 | 300.038,59 | 15.747 | 4.694,37 | 63,91 |
| Ficcp Trumpf Laser | 279.019,21 | 39.696 | 5.070,95 | 55,02 |
| MAPS 456 / Serrote HBS 500 | 226.280,82 | 41.099 | 4.079,78 | 55,46 |
| Serrote 370^a (Oxitome) | 191.980,14 | 65.524 | 5.074,05 | 37,84 |
| HD 900 (Trumpf Laser) | 99.299,96 | 13.478 | 5.665,77 | 17,53 |
| Serrote HBS 500 | 83.589,52 | 11.474 | 1.812,42 | 46,12 |
| Guilhotina GVX 1630 | 77.619,00 | 31.598 | 4.032,57 | 19,25 |
| FIRMAQ SM 1330 (Guilhotina) | 58.096,15 | 19.231 | 5.710,98 | 10,17 |

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|---------|-----------|-------|
| Guilhotina GVX 1630 | 8.074,00 | 2.787 | 4.513,28 | 1,80 |
| Total | 6.237.685,06 | 425.585 | 63.184,16 | 98,72 |

Pelos dados apresentados na Tabela 10 é possível determinar um valor médio de capacidade produtiva para toda a secção de corte – 98,72 kg/hora. No entanto, rapidamente se concluiu que os dados registados nos últimos anos consideravam o tempo total de trabalho do colaborador e não de máquina, ou seja, no tempo total estava considerado o tempo inativo das máquinas como tempos de paragem por avaria, tempos de setup, entre outros. Foi reforçado a importância de os colaboradores registarem também o ponto por máquina, para ser possível futuramente haver um registo fidedigno de dados.

3.2.2.1 Estudo de tempos previstos de máquinas de corte de chapa

Existem na empresa duas máquinas de corte de chapa: Vernet MagB 620 e Air-Liquide Oxytome 40 HPC. O estudo dos tempos de corte de chapa iniciou-se na máquina Vernet MagB 620, máquina de corte de chapa a plasma com furação feita com broca ou punção.

Para o cálculo dos tempos do corte a plasma foi necessário ter em conta diversas variáveis: (1) velocidade de corte a plasma, (2) perímetro externo, (3) perímetro interno e (4) número de cortes internos. As velocidades de corte a plasma estão parametrizadas pelo fornecedor dependendo do gerador de plasma da máquina. Após várias observações do autor e do operador responsável da máquina verifica-se que a velocidade de corte a plasma do perímetro interno é metade da velocidade do perímetro externo e que a máquina tem um *delay* para espessuras superiores a 30mm, parametrizado em 2,6 segundos.

Em relação ao tempo de furação com broca este depende de fatores como: (1) número de furos e diâmetro dos mesmos, (2) velocidade de corte da broca, (3) velocidade de avanço (incremento), (4) rotação e (5) tempo de marcação das peças. Para este tipo de furação a máquina automaticamente faz uma limpeza a cada 25 furos que se verificou ser de aproximadamente 30 segundos cada limpeza. A velocidade de corte é escolhida dependendo do tipo de broca utilizada, sendo tipicamente utilizadas brocas de alta velocidade, ou seja, considerou-se sempre a mesma velocidade. Assim, com o valor da velocidade de corte escolhida é possível chegar ao valor da rotação e, conseqüentemente, do tempo da furação, através da Equação (2) e Equação (3), respetivamente.

$$\text{rotação} = \frac{v_{\text{corte}} \times 1000}{\varnothing \times \pi} \quad (2)$$

$$t(\text{min}) = \frac{\text{espessura}}{\text{rotação} \times \text{incremento}} \quad (3)$$

À espessura da chapa utilizada na Equação (3) devem ser somadas as distâncias que correspondem à entrada e à saída da broca no eixo zz , sendo considerados 5mm em cada uma. O processo de furação com punção é utilizado em chapas com espessuras entre 8 e 15mm sendo que o punção deve ser maior que esta espessura. Foram realizadas várias observações onde se verificou que independentemente da espessura da chapa o tempo de furação com punção não sofre grandes variações, sendo que se considerou uma média de 5,5 segundos por furo.

Aos cálculos e tempos apresentados, tanto para furação com broca ou com punção, é necessário acrescentar o tempo de *setup*. Utilizando o método de observações considerou-se sempre 5% do tempo total de operação.

Feito o estudo anterior e consideradas todas as variáveis descritas foi utilizado para teste o corte de uma chapa de 30 mm, correspondente ao CNC 2823 (Anexo E) que apresentava as peças descritas no respetivo anexo. Com recurso a estes dados e à Equação (2) e Equação (3), determinam-se os tempos de furação apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Cálculo de tempos de furação

| Diâmetro | Velocidade de corte (m/min) | Velocidade de avanço (m/min) | Rotação (rpm) | Incremento (m) | Tempo (s) |
|----------|-----------------------------|------------------------------|---------------|----------------|-----------|
| 14 | 100 | 0,4 | 2274 | 0,04 | 21,1 |
| 22 | 100 | 0,7 | 1447 | 0,07 | 19 |
| 8 | 14 | 0,8 | 557 | 0,08 | 43,1 |
| 42 | 150 | 0,6 | 1137 | 0,06 | 28,1 |

Os valores apresentados na Tabela 11 resultam num tempo previsto total de corte e furação do CNC 2823 de 3 horas e 19 minutos. Na Tabela 12 são apresentados todos os tempos para o fabrico das peças da chapa correspondente a este CNC.

Tabela 12 - Cálculo do tempo total de corte da chapa correspondente ao CNC 2823

| | |
|--|----------|
| Espessura chapa (mm) | 32 |
| Velocidade de corte (m/min) | 850 |
| Nº total de peças | 31 |
| Perímetro total de corte | 81655 |
| Tempo de corte plasma (min.) | 106 |
| Pré furação | 31 |
| Furos Ø40 | 57 |
| Tempo furação Ø8 (min.) | 32 |
| Tempo furação Ø40 (min.) | 40 |
| Tempo limpeza chapa (min.) | 2 |
| Marcação (min.) | 7 |
| Tempo corte interno a plasma (min.) | 3,3 |
| Tempo com broca (min.) | 190 |
| Tempo com furação + setup (min.) | 199 |
| Tempo com furação + setup (horas) | 03:19:00 |

Comparando com o tempo previsto de corte com o tempo real verifica-se uma diferença de 6 minutos, o que se traduz numa eficiência de 97,07%. Com isto verifica-se que este processo deve ser automatizado de modo a poder realizar um planeamento da produção de forma automática.

Juntamente com o Engenheiro Informático da empresa foi recolhida toda informação presente tanto na base de dados da máquina como na base de dados do sistema de CAD/CAM utilizado, com o objetivo de automatizar e gerir a programação de máquinas de corte de chapas com o programa Lantek (Figura 15 - a). O resultado do trabalho desenvolvido está presente em folhas Excel (Figura 15 - b) onde é possível calcular o tempo de corte de qualquer chapa na máquina Vernet MAG B independentemente do tipo de furação.

SGI <-> LANTEK

CNC: 2823 Pesquisa

Job: JOB\JOB001132001132

Nesting: Nestings\10\10034

Tempo Marcação: 389

| ProdRef | Quantidade | Perimetro |
|-------------|------------|-----------|
| DEPA110_X1 | 1 | 4,758 |
| DEPA121_X1 | 1 | 4,64 |
| DEPA119_X1 | 1 | 4,758 |
| DEPA125_X2 | 2 | 7,33 |
| DEPA115_X2 | 2 | 1,142212 |
| DEPA114_X2 | 2 | 1,742212 |
| DEPA95_X2 | 2 | 8,086 |
| DEPA109_X2 | 1 | 9,036 |
| DEPA283_X64 | 19 | 1,576276 |

(a)

| | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------|---------|
| OB: 2635,02 | Espessura: | 30 | Inserir |
| CNC: 2823 | Velocidade de corte: | 850 | |
| Tempo de marcação (s): | 389 | | |
| Furação O: | Nº de furos | Tempo (min.) | |
| 8 | 31 | 27,82 | |
| 14 | 0 | 0,00 | |
| 18 | 0 | 0,00 | |
| 19 | 0 | 0,00 | |
| 22 | 0 | 0,00 | |
| 24 | 0 | 0,00 | |
| 26 | 0 | 0,00 | |
| 28 | 0 | 0,00 | |
| 31 | 0 | 0,00 | |
| 32 | 0 | 0,00 | |
| 33 | 0 | 0,00 | |
| 35 | 0 | 0,00 | |
| 42 | 0 | 0,00 | |
| 48 | 0 | 0,00 | |
| Referências: | Quantidades: | | |
| DEPA110_X1 | 1 | | |
| DEPA121_X1 | 1 | | |
| DEPA119_X1 | 1 | | |
| DEPA125_X2 | 2 | | |
| DEPA115_X2 | 2 | | |
| DEPA114_X2 | 2 | | |
| DEPA95_X2 | 2 | | |
| DEPA109_X2 | 1 | | |
| DEPA283_X64 | 19 | | |
| Tempo Total Furação (min) | 75,58 | | |
| Tempo de Limpeza de chapa (min) | 2 | | |
| Tempo Total Corte (min) | 108,88 | | |
| Tempo de marcação (min) | 6,48 | | |
| Delay Plasma (min) | 1,343333333 | | |
| Tempo de Corte Previsto (min) | 204 | | |
| Tempo de Corte Previsto (horas) | 03:23:00 | | |

(b)

Figura 15 - (a) Informação retirada da base de dados do Lantek para cálculo de tempos de corte da máquina de corte de chapa Vernet MagB 620; (b) Resultado do estudo de tempos da máquina de corte de chapa Vernet MagB 620

Relativamente à máquina de corte de chapa Oxitom, que realiza corte por oxicorte para chapas com espessuras superiores a 20mm e a plasma de alta-definição para chapas com espessuras entre 0,5 e 20mm, para o cálculo dos tempos do corte foi necessário ter em conta as seguintes variáveis: (1) velocidade de corte, (2) perímetro externo, (3) perímetro interno e (4) número de cortes internos.

As velocidades de corte a oxicorte e a plasma de alta-definição estão tabeladas, sendo que o operador seleciona tipicamente a velocidade mais alta correspondente à maior produtividade. A furação é feita com a mesma tecnologia do corte e, recorrendo novamente a observações do autor e do colaborador responsável da máquina, nota-se que a velocidade de furação é aproximadamente metade da velocidade de corte. A marcação das peças só se realiza quando a tecnologia de corte utilizada é o corte por plasma de alta-definição, no entanto, não é possível saber o valor exato sendo considerados 5 segundos para o tempo de marcação de uma linha de um carácter, somando ainda o tempo de paragem.

Inicialmente foi retirada diretamente da máquina a informação referente às velocidades de corte por espessura, considerando para estas sempre a velocidade de produtividade (Anexo F). Para espessuras superiores a 20mm, inclusive, considera-se a velocidade da tecnologia de corte por oxicorte. Posteriormente, repetiu-se o procedimento realizado

anteriormente para a Vernet Mag B tendo sido recolhida toda a informação necessária presente tanto na base de dados da máquina como na base de dados do sistema de CAD/CAM utilizado para automatizar e gerir a programação de máquinas de corte de chapas. Com a informação apresentada no Anexo E é possível calcular o tempo de corte para qualquer chapa cortada na máquina Oxitom.

3.2.2.1.1 Estudo dos Tempos Produtivos e Não Produtivos

O estudo feito dos tempos de corte ao longo da secção 3.2.2 não considera os tempos de *setup* uma vez que estes apresentam elevada variabilidade dependendo da disponibilidade do operador que faz o transporte dos materiais ao longo da cadeia de abastecimento ou da disponibilidade dos meios de transporte disponíveis, por exemplo para colocar a MP nas máquinas. Com isto, torna-se relevante conhecer os tempos produtivos e não produtivos das máquinas de secção de corte, tendo a posterior análise sido realizada às máquinas de corte de chapa Vernet MagB 620 e Air-Liquide Oxytome 40 HPC.

De forma a ter-se uma noção mais clara e real dos tempos de *setup* ou tempos de paragens de máquinas foi criada uma folha onde o operador da máquina descreve as paragens da mesma, identificando a causa e a respetiva duração. Esta medida permitiu que no final do estudo fosse possível agrupar as paragens a considerar no processo de planeamento. Estes registos permitem ainda à empresa elaborar a longo prazo um plano de ação mais eficaz e sustentável ao longo do tempo.

Ao longo de 80h de laboração, considerando um turno e duas máquinas (uma de corte de chapa e uma de corte de perfis), foram identificadas várias paragens. Na Figura 16 são apresentados os tempos de paragens agrupados por causas e o respetivo Diagrama de Pareto.

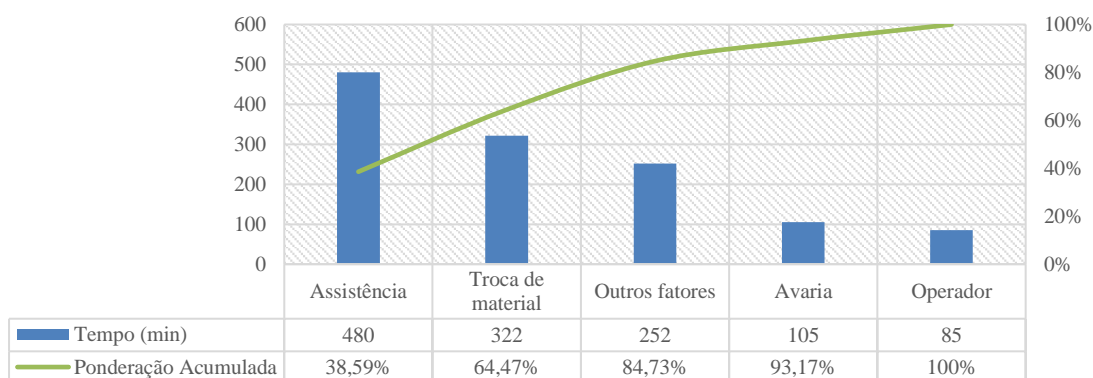


Figura 16 - Diagrama de Pareto de paragens de máquinas agrupadas por causas

Após agrupar as paragens por causas verifica-se que existem fenómenos que representam um maior tempo de paragem: assistência e troca de material. De seguida foi feita uma análise desses fenómenos explicando quais os seus motivos:

- Assistência – a falta de manutenção preventiva nos equipamentos leva a um elevado tempo de paragem causado por avarias ou outras ações de manutenção corretiva;
- Troca de material – esta paragem acontece quando o operador tem de mudar de espessura ou de MP e não tem o material requerido pronto para corte. Em resultado, ocorre assim uma paragem para preparação da MP necessária. A troca de MP pode ainda levar à troca do bico ou da lente do equipamento;
- Outros fatores – estas paragens resultam de perdas de tempo por parte do operador. Uma razão para este tipo de paragem que se encontra ligado a estas perdas está relacionado com a má organização do espaço de trabalho.

A duração total das paragens foi de aproximadamente 20h, representando $\frac{1}{4}$ de uma semana de trabalho. Em cada mês de trabalho, considerando um turno, desperdiça-se muito tempo só em paragens sendo que muitas destas paragens são desnecessárias e não acrescentam qualquer valor ao processo.

Conhecidas as principais causas de paragens que resultam em tempos não produtivos das máquinas foram analisados, durante uma semana de laboração, os tempos produtivos e não produtivos das máquinas de corte de chapa, sendo os dados obtidos apresentados no Anexo G. Para obtenção destes dados foram registados os tempos de operação das máquinas de corte de chapa em papel posteriormente traduzidos em formato digital.

De modo a simplificar esta análise as máquinas serão identificadas por siglas: Vernet MagB 620 – máquina A e Air-Liquide Oxytome 40 HPC – máquina B. Verifica-se que o tempo produtivo e não produtivo difere entre as duas máquinas, como se verifica na Tabela 13. A máquina A é a que apresenta uma maior produtividade face ao tempo disponível com um tempo produtivo de 78% comparativamente a 68% da máquina B.

Tabela 13 - Tempos produtivos e não produtivos das máquinas (a) Máquina A - Vernet MagB 620 e (b) Máquina B - Air-Liquide Oxytome 40 HPC

| Dia | (a) Vernet MagB 620 | | (b) Air-Liquide Oxytome 40 HPC | |
|--------------|---------------------|---------------|--------------------------------|---------------|
| | Produtivo | Não Produtivo | Produtivo | Não Produtivo |
| 1 | 89% | 11% | 78% | 22% |
| 2 | 93% | 7% | 73% | 27% |
| 3 | 88% | 12% | 67% | 33% |
| 4 | 70% | 30% | 46% | 54% |
| 5 | 66% | 34% | 83% | 17% |
| 6 | 80% | 20% | 19% | 81% |
| 7 | 71% | 29% | 89% | 11% |
| 8 | 77% | 23% | 87% | 13% |
| 9 | 69% | 31% | 71% | 29% |
| Média | 78% | 22% | 68% | 32% |

É importante que sejam analisados dados que permitam prever os valores de produtividade futuros com base em modelos de previsão. Como se verifica na Figura 17 a tendência dos valores de produtividade nas duas máquinas é distinta ao longo do tempo tendo sido utilizados diferentes modelos de tendência.

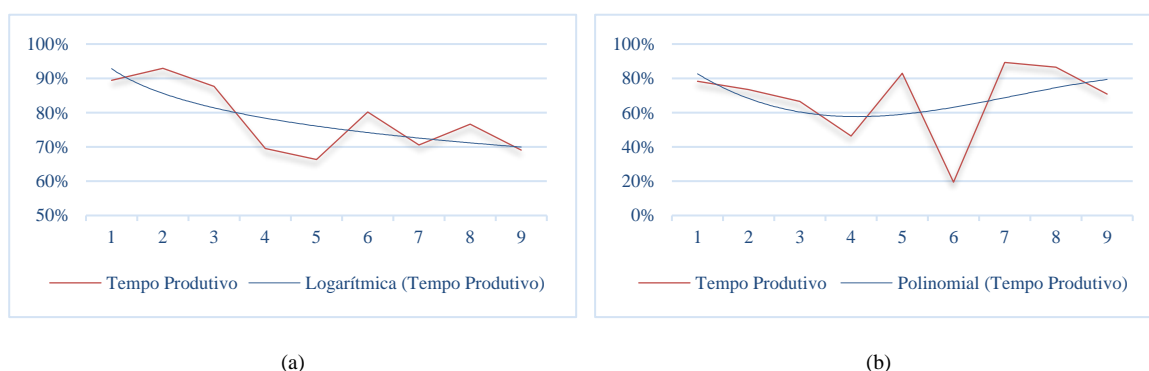


Figura 17 - Evolução de eficiência ao longo do tempo das máquinas (a) Máquina A - Vernet MagB 620 e (b) Máquina B - Air-Liquide Oxytome 40 HPC

A máquina A (Figura 17 - a) apresenta uma tendência decrescente de produtividade ao longo do tempo ao contrário da máquina B (Figura 17 - b), sendo que seguindo esta tendência a máquina A nunca iria apresentar valores de produtividade superiores a 80% ao contrário

da máquina B. No entanto, visto que existe um baixo número de amostras (dias) os dados apresentados na Figura 17 não são conclusivos.

É ainda importante conhecer a eficiência de cada máquina de modo a comparar o tempo produtivo estimado com o real. Como referido no capítulo 3.2.2.1 o programa Lantek devolve o tempo teórico estimado para corte das chapas, sendo a este tempo incrementado um tempo de setup de modo a obter um tempo estimado para esta tarefa utilizado na análise dos dados apresentados no Anexo G. Com os registos efetuados pelo operador no sistema foi possível obter o tempo efetivo de corte das chapas e comparar com o tempo estimado de modo a obter a eficiência da máquina utilizando para cálculo a Equação (4).

$$\text{Eficiência máquina} = \frac{\text{Tempo estimado de corte (min.)}}{\text{Tempo efetivo de corte (min.)}} \quad (4)$$

Após cálculo da eficiência global para as duas máquinas verifica-se que a máquina A é a que apresenta uma maior eficiência (77%) para além de apresentar uma maior produtividade como verificado anteriormente na Tabela 13. Em ambas as máquinas a eficiência está abaixo do valor de referência de 80% que deve ser estabelecido como objetivo. Ao verificar quais os operadores a operar as máquinas verifica-se que a máquina com maior eficiência está a ser operada pelo operador com maior antiguidade entre ambos (operador 216). Isto indica que a experiência é proporcional ao aumento de produtividade e à respetiva eficiência da máquina.

No entanto, esta análise não foi operacionalizada para a melhoria do processo de planeamento uma vez que necessitaria de ter mais algum desenvolvimento, isto é, a observação e análise de todas as máquinas durante um período mais longo para se obter resultados mais fidedignos e aproximados da realidade.

3.2.2.2 Estudo de tempos previstos de máquinas de corte de perfis e tubos

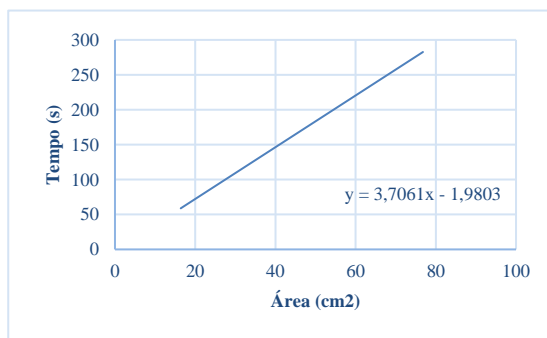
No que diz respeito ao corte de perfis e tubos este é maioritariamente realizado na Vernet HD900, Ficep ou no serrote HB500 (semiautomático). O tempo de corte nas máquinas referidas vai depender das seguintes variáveis: (1) área da secção transversal do perfil e (2) ângulo de corte.

De forma a se obter um valor aproximado da velocidade de corte foram observados os cortes de vários perfis e registados os respetivos tempos de corte, ainda sem considerar respetivas furações. Foram observados cortes perpendiculares nas peças pelo que se o corte tiver ângulo esta velocidade irá aumentar em consequência do aumento da área de corte.

Com estes cálculos foi possível calcular a velocidade de corte em cm^2/s conhecendo a área do perfil a cortar, em cm^2 , e obter uma equação geral para cada máquina. Os cálculos efetuados e a respetiva equação para as máquinas Vernet HD 900, Ficep e serrote HB500 podem ser visualizados por área de corte e tipologia de perfil na Figura 18. Os dados apresentados referem-se a um corte na peça pelo que, para ser obtida uma peça final, pode ser necessário realizar dois cortes e nestes casos estes tempos devem ser duplicados.

| Vernet HD900 | Área (cm^2) | Tempo (s) | Velocidade (cm^2/s) |
|--------------|------------------------|-----------|---------------------------------------|
| IPE140 | 16,4 | 70 | 0,234 |
| IPE160 | 20,1 | 74 | 0,312 |
| UPN160 | 24 | 77 | 0,275 |
| IPE200 | 28,5 | 109 | 0,272 |
| HEA160 | 38,8 | 141 | 0,272 |
| IPE240 | 39,1 | 124 | 0,261 |
| HEA200 | 53,8 | 198 | 0,27 |
| UPN300 | 58,8 | 228 | 0,315 |
| HEA220 | 64,3 | 238 | 0,274 |
| HEA240 | 76,8 | 280 | 0,258 |

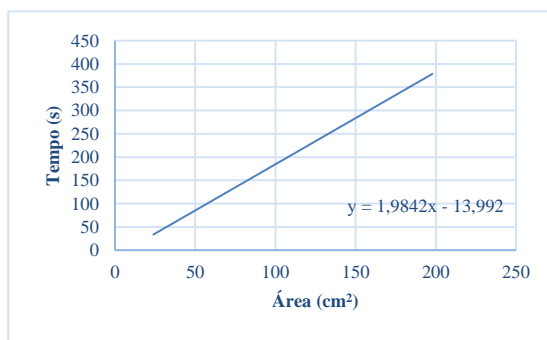
(a)



(b)

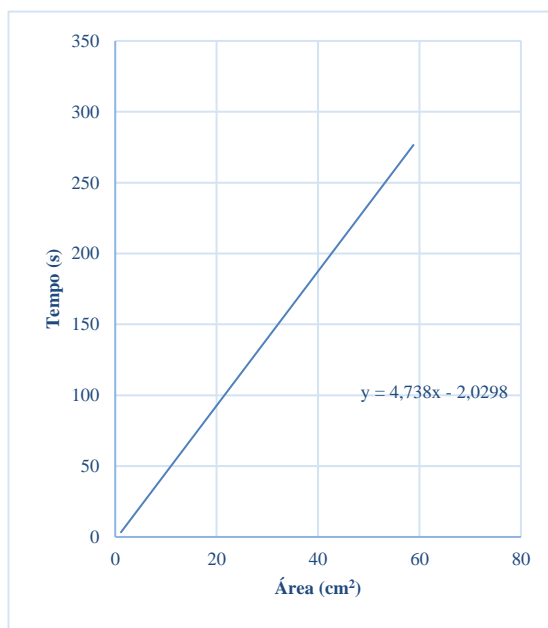
| Ficep | Área (cm^2) | Tempo (s) | Velocidade (cm^2/s) |
|--------------|------------------------|-----------|---------------------------------------|
| UPN160 | 24 | 44 | 1,833 |
| UPN200 | 32,2 | 63 | 1,957 |
| IPE240 | 39,1 | 88 | 2,251 |
| UPN300 | 58,8 | 93 | 1,582 |
| UPN320 | 75,8 | 113 | 1,491 |
| Tubo Ø270X12 | 98,39 | 180 | 1,829 |
| HEA300 | 112,5 | 151 | 1,342 |
| HEA360 | 142,8 | 260 | 1,821 |
| HEA400 | 159 | 352 | 2,214 |
| HEB400 | 197,8 | 382 | 1,931 |

(c)



(d)

| Serrote HB500 | Área (cm ²) | Tempo (s) | Velocidade (cm ² /s) |
|---------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|
| Varão M12 | 1,13 | 12 | 10,619 |
| Tubo 26,9x2,6 | 1,778 | 16 | 8,999 |
| Barra 40x5 | 2 | 9 | 4,500 |
| Barra 40x8 | 3,2 | 12 | 3,750 |
| Barra 50x8 | 4 | 14 | 3,500 |
| L50x5 | 4,8 | 20 | 4,167 |
| Varão 25 | 4,91 | 34 | 6,925 |
| Varão 24 | 4,91 | 35 | 7,128 |
| Barra 50x10 | 5 | 23 | 4,600 |
| Barra 100x6 | 6 | 30 | 5,000 |
| Barra 70x10 | 7 | 33 | 4,714 |
| RHS 100x50x2 | 8,543 | 58 | 6,789 |
| Barra 100x10 | 10 | 35 | 3,500 |
| Barra 140x10 | 14 | 70 | 5,000 |
| Barra 100x15 | 15 | 64 | 4,267 |
| Barra 180x10 | 18 | 40 | 2,222 |
| Barra 100x20 | 20 | 98 | 4,900 |
| Barra 140x15 | 21 | 86 | 4,095 |
| UPN160 | 24 | 135 | 5,625 |
| Barra 200x15 | 30 | 90 | 3,000 |
| UPN200 | 32,2 | 140 | 4,348 |
| UPN300 | 58,8 | 310 | 5,272 |

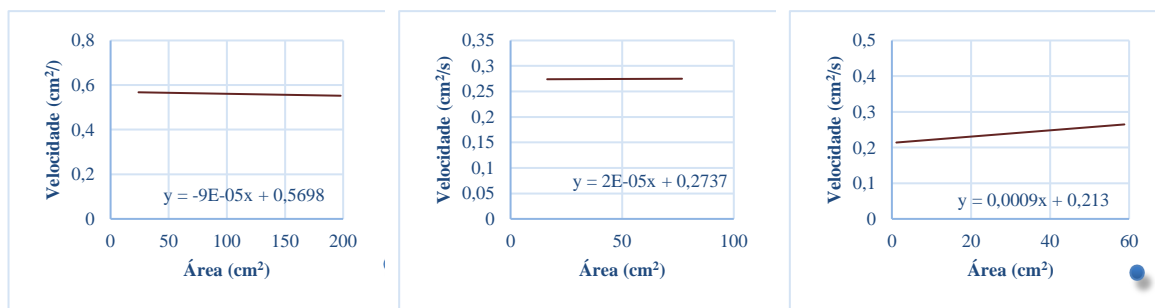


(e)

(f)

Figura 18 - Tempos de corte observados na máquina (a) Vernet HD900, (c) Ficep e (e) HB500; Equação para cálculo do tempo de corte na máquina (b) Vernet HD900, (d) Ficep e (f) HB 500

Em todas as máquinas verifica-se que quanto maior a área de corte maior será o tempo de corte, pelo que se conclui que o tempo desta operação está diretamente relacionado com a área de corte. Assim, é expectável que a velocidade de corte diminua com o aumento da área da secção transversal do perfil pelo que deve ser feita a análise da Figura 19.



(a)

(b)

(c)

Figura 19 - Equação para cálculo da velocidade de corte na máquina (a) Vernet HD900, (b) Ficep e (c) HB 500

Ao contrário do que seria expectável a máquina Vernet HD900 é a única máquina em que se verifica uma ligeira diminuição da velocidade de corte com o aumento da área da

secção transversal do perfil, sendo que o serrote HB500 apresenta uma tendência contrária. Isto deve-se à elevada dispersão dos dados pelo facto de existir uma baixa variação entre as velocidades de corte, ao contrário dos tempos de corte que apresentar uma grande variação pelo facto de os valores numéricos serem mais elevados. Face a esta análise conclui-se que para cálculo das capacidades produtivas destas máquinas devem ser considerados as equações de reta obtidas através dos tempos de corte obtidos por medição.

Verifica-se ainda que para todos os perfis do mesmo tipo é a máquina Ficep que apresenta os menores tempos de corte, seguindo-se a Vernet HD900 e o serrote HB500. Com base nas equações de reta apresentadas na Figura 18, e considerando que a variável tempo de corte deve ser considerada, foi possível elaborar uma matriz com tempos de corte para todos os perfis transformados nestas máquinas (Anexo H). No entanto, devido à elevada dimensão da matriz que tem 1148 linhas apenas são apresentados os tempos de corte de perfis do tipo UPN e HEA.

3.2.2.3 *Estudo de tempos previstos de furação de perfis e tubos*

De forma a ser considerado o tempo de furação foram retirados todos os diâmetros possíveis e a respetiva velocidade de corte e incremento, tabelados nos Manuais Técnicos da empresa Chagas, S.A. Para se chegar ao tempo de furação, utilizando a Equação (5), foi necessário considerar a velocidade de rotação calculadas através da Equação (2). Realizando os cálculos para todos os diâmetros possíveis determinam-se os tempos de furação apresentados no Anexo I.

$$\text{tempo de furação}(\text{min}) = \frac{\text{diâmetro} \times \text{n}^{\circ} \text{ de furos}}{\text{rotação} \times \text{incremento}} \quad (5)$$

Com o objetivo de calcular de forma automática o tempo de corte e furação de um determinado perfil foi criada uma folha com o *software* Excel (Figura 20) onde apenas é necessário introduzir os inputs (1) perfil desejado e (2) número de furos a realizar.

| | | | |
|------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Perfil: | HEB300 | | |
| Espessura: | 19 | | |
| | Diâmetros | Nº furos | Tempo |
| | 12 | 4 | 00:01:24 |
| | 12 | 4 | 00:01 |
| Tempo Furação: | 00:02 | | |
| Tempo de Corte: | 00:17:28 | | |
| Total: | 00:18:52 | | |

Figura 20 - Folha de cálculo automático do tempo de corte e furação de perfis

3.2.3 Controlo de Tempos e Capacidades – Análise temporal dos registos da secção de Armação e determinação da sua capacidade produtiva

O sistema utilizado nos registos (SGI) foi implementado em junho de 2018 sendo que, numa fase inicial, os registos não foram realizados de forma correta por ser necessária a implementação das funcionalidades do sistema em todo o chão-de-fábrica e formação dos operadores na sua utilização. Assim, para análise dos dados referentes à secção de armação foram considerados todos os registos efetuados entre 1 de dezembro de 2018 e 14 de dezembro de 2021.

Para todas as análises que serão realizadas será contabilizado o número total de horas trabalhadas de todos os operadores (108.880,99 horas) e, ao fazer uma análise geral ao processo, obtêm-se os indicadores apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Indicadores gerais da secção de armação

| Indicador | Total |
|--|-------|
| Produtividade média (kg/hora/operador) | 53,53 |
| Produtividade média (conjuntos/hora/operador) | 0,75 |
| Produtividade média (peças soltas e conjuntos/hora/operador) | 0,59 |
| Tipologia média (croquis/conjunto) | 5,94 |

Ao analisar os dados por dia da semana (Figura 21) verifica-se que a 6ª feira é o dia mais produtivo com uma média de 42,24 toneladas armadas por dia. No entanto, este não é o dia que representa um maior peso armado, sendo a 5ª feira o dia com um maior peso total armado (8.281,01 toneladas). O dia menos produtivo é a 2ª feira com uma média de 23,18 toneladas armadas por dia, representando um total de 4.196,28 toneladas.

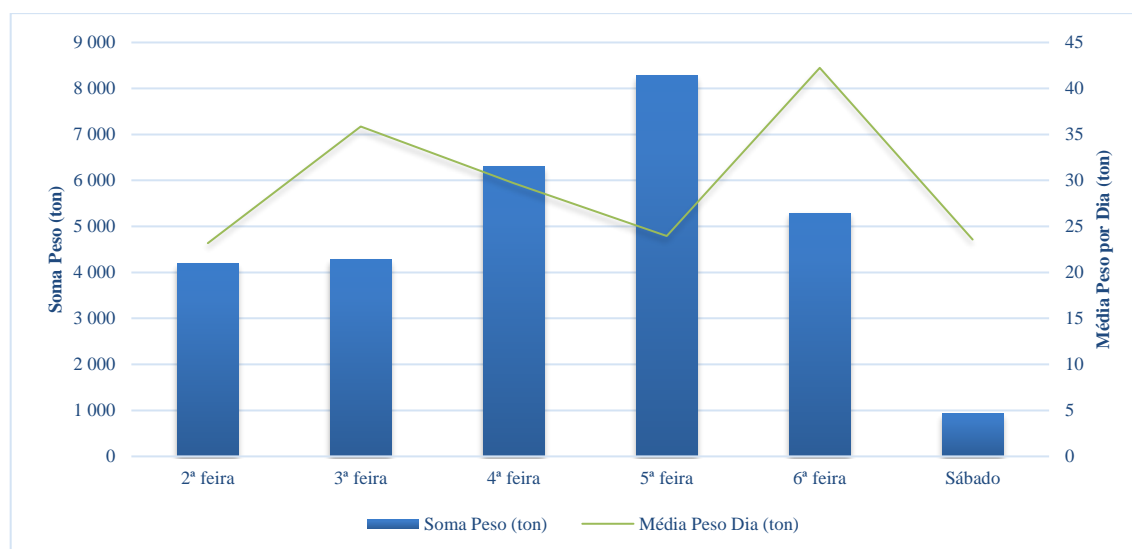


Figura 21 - Soma de peso VS Média de peso, por dia da semana

Em primeiro lugar foi feita uma avaliação à evolução do peso médio por dia de modo a perceber se os dados seguem uma distribuição normal, com recurso ao *software* Minitab, da qual se obtém o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (i). Foram ignorados os valores iguais a zero sendo estes dias considerados não produtivos que iriam comprometer a veracidade dos resultados, tendo sido avaliados 1038 dias de produção. Foi ainda considerado um intervalo de confiança de 95% e um nível de significância de 5%.

Dado que o valor de *p-value* é inferior a 0,005 os dados não seguem uma distribuição normal, sendo rejeitada a hipótese H_0 : os dados seguem uma distribuição normal. Isto justifica-se pelo elevado número de outliers sendo que neste caso deve ser avaliado o valor devolvido pela mediana e não pela média, sendo que neste caso seria considerada uma capacidade de 2.166,00 kg/dia dentro de um intervalo de [2.037,00 – 2.356,00] kg/dia.

Nesta análise foram incluídos os dias de fim-de-semana considerados dias não úteis pelo que não devem ser representativos na determinação da normalidade dos dados. Excluindo estes dias obtém o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (ii).

Nesta análise continuam a existir demasiados outliers o que significa que os dados continuam a não seguir uma distribuição normal, verificando-se uma enorme discrepância entre o valor mínimo armado por dia (64,00 kg/dia) e o valor máximo (325.568,00 kg/dia).

De forma a perceber a tendência da variação do peso armado por dia ao longo da semana foi elaborado um sumário gráfico para cada dia (Figura 22).

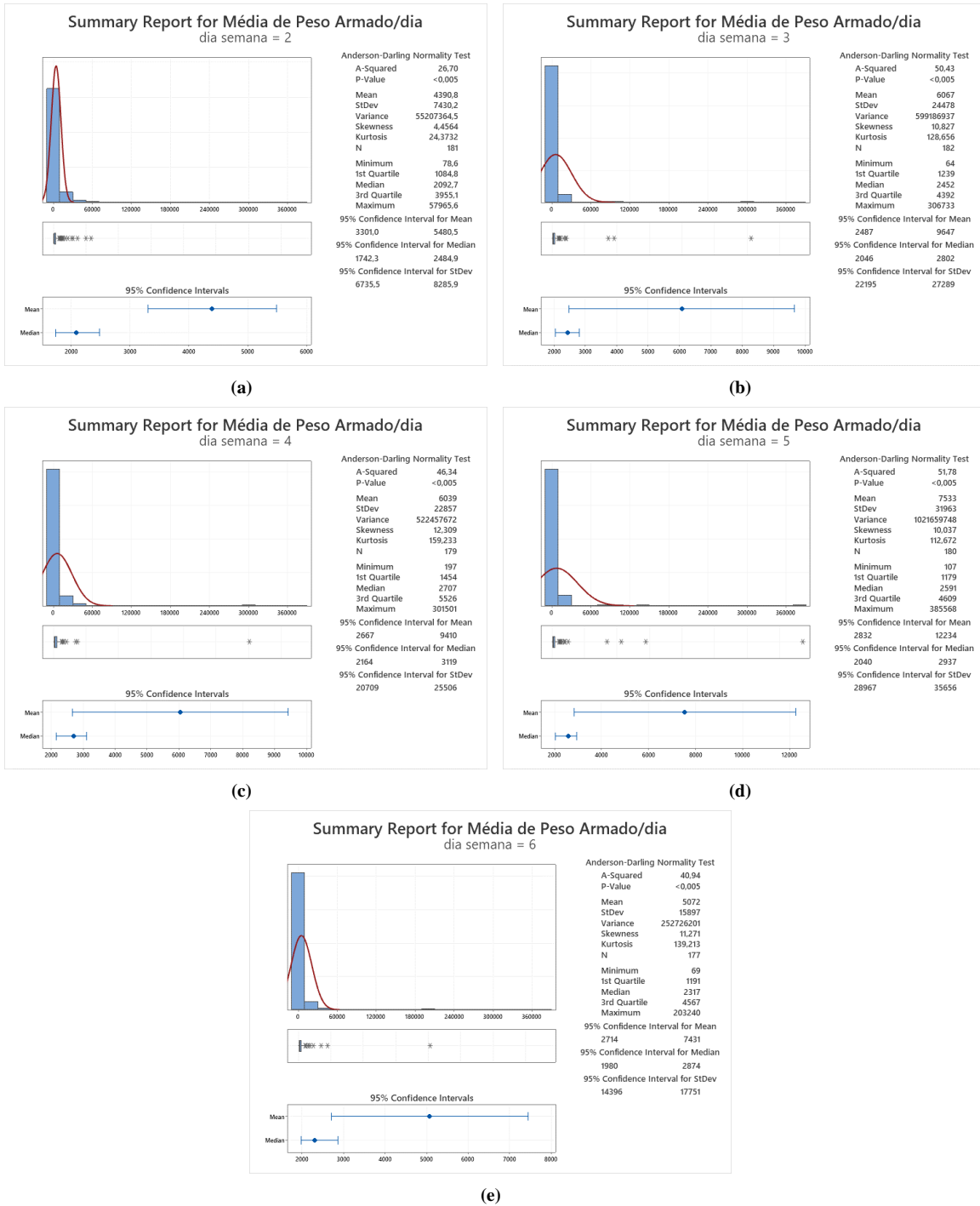


Figura 22 - Sumário gráfico da evolução média de peso armado por dia da semana: (a) 2ª feira; (b) 3ª feira; (c) 4ª feira; (d) 5ª feira; (e) 6ª feira

Em todos os dias da semana verifica-se que os dados não seguem uma distribuição normal. Analisando os valores da mediana verificam-se as capacidades produtivas de quilos armados por dia apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Capacidades de produção por dia da semana, em kg/dia

| Dia | 2ª Feira | 3ª Feira | 4ª Feira | 5ª Feira | 6ª Feira |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Kg/dia | 2.092,70 | 2.452,00 | 2.707,00 | 2.591,00 | 2.317,00 |

Através da Tabela 15 verifica-se que o dia mais produtivo da semana é a quarta-feira (2.707,00 kg/dia) e o dia menos produtivo é a segunda-feira (2.092,70 kg/dia). Para todas as análises realizadas para este indicador verifica-se um elevado número de outliers que pode ser justificado por diversos fatores, nomeadamente:

- São considerados na análise os pesos armados por dia de todos os operadores. No entanto, o nível de experiência e formação pode variar por operador, destacando-se ainda o facto de existirem operadores que pertencem à empresa e operadores que pertencem a empresas subcontratadas, podendo estes não trabalhar a tempo inteiro nem com o ritmo dos restantes;
- As capacidades de armação variam consoante a complexidade das peças e a tipologia de perfis a aplicar;
- A leitura e interpretação dos desenhos é um fator com elevada importância dado que o seu nível de complexidade varia consoante o tipo de peça e perfil.

Existem diversos fatores que podem influenciar a normalidade dos dados, como uma má medição dos dados, ocorrências pouco frequentes no processo produtivo, falta de registos de produção, investimentos, entre outros (Montgomery, 2013). De modo a normalizar os dados devem ser eliminados os outliers para retirar da análise valores que fujam da capacidade normal de produção da secção.

Após ter sido realizada uma primeira análise, apresentada no Anexo J - (i), obtém-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (iii). Nesta análise eliminaram-se os seguintes outliers, obtidos no Anexo J - (ii), sendo que todos os outliers identificados estão localizados acima do quartil 3, o que indica que estes valores estão relacionados com elevados valores de capacidade de armação:

- Outliers moderados: (1) Valores superiores a 10.041,00 kg/dia; (2) Valores inferiores a -4.087,00 kg/dia sendo que a capacidade produtiva nunca assume valores negativos;

- Outliers severos: (1) Valores superiores a 15.339,00 kg/dia; (2) Valores inferiores a -9.385,00 kg/dia sendo que a capacidade produtiva nunca assume valores negativos.

Como se verifica após retirar os outliers os valores continuam a ser muito dispares pelo que existem novos outliers que devem ser eliminados. Os dados continuam a não seguir uma distribuição normal dado que o *p-value* continua a ser inferior a 0,005. Esta sequência foi realizada até que não existissem outliers na análise, tendo sido realizadas cinco tentativas. Após a quinta tentativa obtém-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (iv).

Pelo sumário gráfico apresentado no Anexo J - (iv) verifica-se que, apesar de não existirem outliers, os dados continuam a não seguir uma distribuição normal (*p-value* inferior a 0,005) pela existência de valores de peso armado por dia muito elevados localizados acima do quartil 3. O gráfico apresenta ainda uma assimetria positiva (0,694143) o que significa que existe uma diminuição do valor médio ao longo do tempo, logo a média é superior à mediana e a mediana é superior à moda. Em termos de medida descritiva de achatamento o gráfico apresenta uma tendência platicúrtica (coeficiente de curtose K inferior a zero), o que pode ser verificado pela cauda curta do gráfico indicando que a distribuição é estável e previsível. Este achatamento indica ainda que o pico da distribuição é inferior a uma distribuição normal e os valores tendem a ter um elevado desvio padrão (Westfall, 2014).

Assim, conclui-se que a capacidade média de peso armado por dia não segue uma distribuição normal pelo que deve ser analisado o peso armado por hora por operador.

3.2.3.1 *Peso armado por hora por operador (PAO)*

Analisando a quantidade de peso armado por hora por operador obtém-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (v). Conforme se verifica também nesta análise os dados não seguem uma distribuição (*p-value* inferior a 0,005).

Esta distribuição dos dados deve-se ao facto de serem considerados todos os operadores que exerçam funções dentro da empresa, verificando-se a ausência de outliers. Isto faz com que existam registos de operadores com diferentes níveis de experiência e empenho face aos objetivos da organização. Considera-se assim mais realista fazer uma análise à capacidade produtiva por hora apenas dos operadores contratados com um número de horas trabalhadas superior a 2000 horas (operadores 30, 47, 295, 360, 311 e 791), sendo no Anexo J - (vi) apresentado o sumário gráfico da sua produção em kg/hora.

Após selecionar apenas os operadores com experiência verifica-se que os dados passam a seguir uma distribuição normal (p -value igual a 0,901), o que significa que existe uma alta probabilidade de obter um valor estatisticamente viável. Neste caso considera-se que um operador deve armar um valor médio de 83,209 kg/hora, sendo expectável um valor mínimo de 38,932 kg/hora e máximo de 116,865 kg/hora.

Apesar de no Anexo J - (vi) já ter sido verificado que os dados seguem uma distribuição normal o processo apresenta uma elevada amplitude entre o valor máximo e mínimo de peso armado entre os operadores correspondentes às amostras 2 e 6 (operadores números 47 e 311, respetivamente). Esta discrepância de valores pode dever-se ao facto de os operadores trabalharem peças diferentes sugerindo a análise dos tempos e a tipologia de peças de ambos de modo a fazer uma melhor análise à fiabilidade do processo.

3.2.3.2 Peças processadas por hora por operador

Para além de peso armado deve ainda ser considerado que existe um posto de inspeção de peças soltas com o objetivo de eliminar quinas vivas e retirar barbas resultantes de processos de corte e furação. Assim, deve ser analisada, através de um sumário gráfico apresentado no Anexo J - (vii), a capacidade de peças processadas considerando peças do tipo conjunto e peças soltas. Ao analisar os dados verifica-se que os dados não seguem uma distribuição normal (p -value inferior a 0,005) e a existência de um outlier – operador número 980 com 3,958 peças processadas por hora.

Foram realizados quatro sumários gráficos, eliminando sempre os outliers detetados, até que fosse possível obter um sumário que verifique a normalidade dos dados. Assim, obteve-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (viii) e dados que seguem uma distribuição normal (p -value igual a 0,179). Após retirar todos os outliers permaneceram nesta análise os seguintes operadores: 3, 30, 47, 134, 295, 311, 360, 511, 719, 749, 847, 853, 854, 855, 866, 867, 879, 957, 993, 995, 1028, 1033, 1035, 1037, 1040, 1056, 1062, 1065, 1066, 1067, 1068, 1073, 1076, 1077, 1085, 1095, 1101, 1110, 1116, 1122, 1130, 1137, 1145, 1156, 1170, 1175, 1181 e 1188. Assim, para um nível de confiança de 95% a capacidade média de número de peças processadas por hora por operador é igual a 0,54664.

De forma a compreender melhor este indicador foi feita uma análise ao número médio de peças processadas por hora por tipologia de peça – Peças Soltas e Conjuntos. Para realizar esta análise foram consideradas as horas de trabalho registadas por dia por cada operador e o número de conjuntos e peças soltas processados, sendo atribuído proporcionalmente o

tempo de trabalho associado a cada tipo de peça pelo que os dados analisados de seguida poderão não corresponder à realidade produtiva da empresa.

3.2.3.2.1 Peças soltas

Ao analisar os dados verifica-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (ix) para a análise do número de peças soltas processadas por hora. Os dados não apresentam uma distribuição normal devido ao elevado número de outliers para valores superiores a 5,32 peças soltas por hora. Apesar de este ser um valor viável num cenário macro da empresa deve ter sido em consideração que estão a ser analisados valores médios.

Foram realizadas quatro tentativas, eliminando os outliers detetados após a elaboração de cada sumário gráfico, até obter um gráfico sem outliers que permite assim retirar conclusões (Anexo J - (x)). Verifica-se que apesar de não existirem outliers os dados não seguem uma distribuição normal o que indica que existe uma baixa probabilidade de atingir os valores obtidos. Assim, considerando um intervalo de confiança e o valor obtido da mediana, a capacidade de armação é igual a 0,8153 peças soltas por hora.

Caso a distribuição fosse normal poderíamos considerar as análises apresentadas na Figura 23. No entanto, na Figura 23 - a verifica-se que os dados não seguem uma distribuição normal pelo valor do *p-value* pelo que esta análise indicaria para considerar o valor médio de 1,859 conjuntos por hora, considerando as 78 entradas de dados e eliminado todos os outliers.

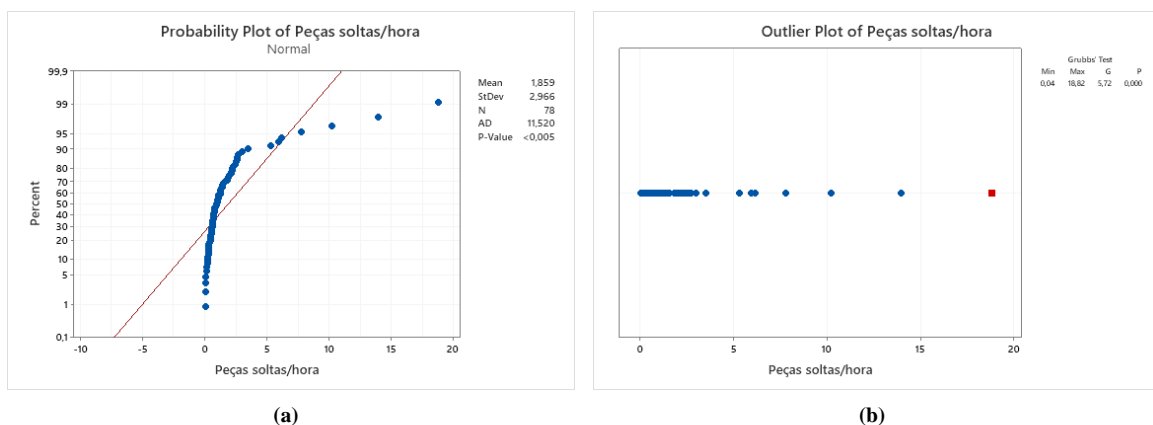


Figura 23 - (a) Teste de normalidade dos dados do número de peças soltas processadas por hora; (b) Análise de outliers do número de peças soltas processadas por hora

3.2.3.2 Conjuntos

Ao analisar os dados obtém-se o sumário gráfico apresentado no Anexo J - (xi) para a análise do número de conjuntos processados por hora. Tal como na análise de peças soltas os dados não apresentam uma distribuição normal detetando-se outliers para valores superiores a 2,42 conjuntos por hora.

Foram realizadas oito tentativas, eliminando os outliers detetados após a elaboração de cada sumário gráfico, até obter um gráfico sem outliers que permite assim retirar conclusões (Anexo J - (xii)). Verifica-se que apesar de não existirem outliers os dados não seguem uma distribuição normal. Assim, considerando um intervalo de confiança e o valor obtido da mediana, a capacidade de armação é igual a 0,41556 conjuntos por hora.

3.2.3.3 Análise de peso armado por categorias

Existe um elevado número de fatores que pode influenciar os valores dos dados de produtividade. De modo a minimizar possíveis erros devido à tipologia de peça foram criadas categorias incrementais de 25 e de 50 kg. Ao dividir as peças em intervalos sequenciais de 25 kg obtém-se os resultados apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Conjuntos armados por categorias de 25 kg

| Categoria (kg) | Peso armado (kg) | N.º Conjuntos armados | Média Croquis/Conjunto | N.º Conjuntos/Kg | Peso médio croqui (kg) |
|----------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| [0 - 25] | 204294,90 | 37433 | 3,16 | 0,183 | 1,725 |
|]25 - 50] | 184234,69 | 5193 | 5,69 | 0,028 | 6,239 |
|]50 - 75] | 216632,28 | 3463 | 9,15 | 0,016 | 6,837 |
|]75 - 100] | 142813,44 | 1646 | 7,60 | 0,012 | 11,414 |
|]100 - 125] | 147630,96 | 1314 | 8,84 | 0,009 | 12,715 |
|]125 - 150] | 114007,84 | 837 | 8,87 | 0,007 | 15,350 |
|]150 - 175] | 106367,81 | 656 | 9,00 | 0,006 | 18,012 |
|]175 - 200] | 83375,85 | 447 | 13,59 | 0,005 | 13,729 |
|]200 - 225] | 98734,64 | 467 | 12,60 | 0,005 | 16,783 |
|]225 - 250] | 107056,62 | 448 | 25,47 | 0,004 | 9,383 |
|]250 - 275] | 67797,62 | 259 | 19,76 | 0,004 | 13,244 |
|]275 - 300] | 74780,93 | 260 | 25,88 | 0,003 | 11,115 |

| | | | | | |
|-------------|------------|------|-------|-------|--------|
|]300 - 325] | 57665,78 | 185 | 30,40 | 0,003 | 10,254 |
|]325 - 350] | 66405,10 | 197 | 14,76 | 0,003 | 22,843 |
|]350 - ∞[| 2971164,47 | 2922 | 23,97 | 0,001 | 42,425 |

Dado que não existem tempos registados para cada peça, apenas o dia em que foi produzida e o número de horas trabalhadas se refere a um mês completo por operador, não será analisada a capacidade de peso processado por hora por categoria. No entanto, analisando o peso médio por croqui por categoria (Figura 24) com o aumento do peso da peça o peso médio dos croquis dentro da respetiva categoria tem também tendência a aumentar.

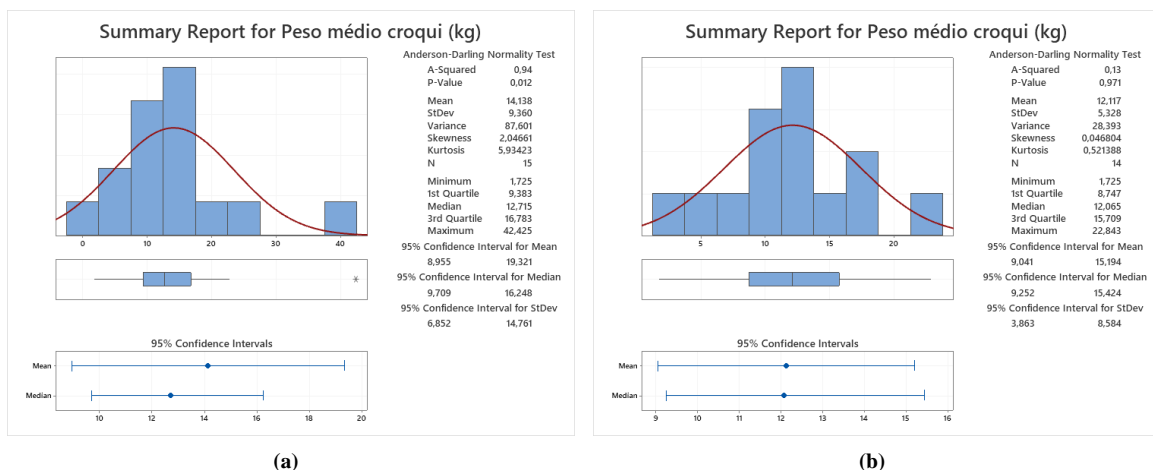


Figura 24 - Sumário gráfico de peso médio por croqui (kg), para categorias de peso de conjunto de 25 kg, (a) com outliers; (b) sem outliers

Numa primeira análise (Figura 24 - a) verifica-se a existência de um outlier, na categoria [350 - ∞] kg, o que faz com que os dados não sigam uma distribuição normal (*p-value* igual a 0,012). Ao eliminar o outlier identificado com esta análise (sumário gráfico apresentado na Figura 24 - b) verifica-se que os dados passam a seguir uma distribuição normal (*p-value* igual a 0,971). Assim, categorizando os conjuntos em intervalos de 25 kg deve ser considerado um peso médio de 12,117 kg por croqui. Este valor está determinado para um intervalo de confiança de 95% com um valor mínimo de 9,041 kg e um valor máximo de 15,194 kg.

Ao dividir as peças em categorias de 25 kg podem ser obtidos dados pouco normais por existir um elevado número de categorias. Para minimizar este efeito negativo na análise

dos dados as peças foram divididas em categorias de 50 kg e foram criadas incrementais até aos 500 kg (Tabela 17).

Tabela 17 - Conjuntos armados por categorias de 50 kg

| Categoria (kg) | Peso armado (kg) | N.º Conjuntos armados | Média Croquis/Conjunto | N.º Conjuntos/Kg | Peso médio croqui (kg) |
|----------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| [0 - 50] | 388529,59 | 42626 | 3,47 | 0,110 | 2,626 |
|]50 - 100] | 359445,72 | 5109 | 8,65 | 0,014 | 8,133 |
|]100 - 150] | 261638,80 | 2151 | 8,85 | 0,008 | 13,743 |
|]150 - 200] | 189743,66 | 1103 | 10,86 | 0,006 | 15,840 |
|]200 - 250] | 205791,26 | 915 | 18,90 | 0,004 | 11,901 |
|]250 - 300] | 142578,55 | 519 | 22,83 | 0,004 | 12,035 |
|]300 - 350] | 124070,88 | 382 | 22,33 | 0,003 | 14,544 |
|]350 - 400] | 131744,37 | 353 | 14,84 | 0,003 | 25,156 |
|]400 - 450] | 93260,36 | 221 | 16,33 | 0,002 | 25,834 |
|]450 - 500] | 81630,04 | 172 | 14,33 | 0,002 | 33,129 |
|]500 - ∞[| 2664529,70 | 2176 | 26,99 | 0,001 | 45,375 |

É importante analisar o peso médio por croqui por categoria através do sumário gráfico apresentado no Anexo J - (xiii), considerando que conforme se verifica na Tabela 17, com o aumento do peso da peça o peso médio dos croquis dentro da respetiva categoria tem também tendência a aumentar. Por esta análise verifica-se que os dados seguem uma distribuição normal (*p-value* igual a 0,219). Assim, categorizando os conjuntos em intervalos de 50 kg deve ser considerado um peso médio de 14,544 kg por croqui, mínimo de 10,646 kg e máximo de 27,227 kg. No entanto, devido ao valor do *p-value*, existe uma baixa probabilidade de um croqui ter o peso médio calculado.

3.2.4 Controlo de Tempos e Capacidades – Determinação da capacidade produtiva da secção de maquinaria

Por falta de registos por desenho esta secção torna-se de difícil planeamento pelo que foram criadas folhas para cada máquina que permitem registar os desenhos a produzir por semana. Com estas folhas pretende-se que o chefe da secção, com base no seu conhecimento

prático de tempos de maquinação, planeie as semanas de trabalho de acordo com os desenhos que são para produzir na secção e determine assim a sua carga de trabalho.

Numa primeira fase foi elaborada uma folha (Anexo K) para registos manuais que permitem comparar o planeamento realizado com o que foi produzido em cada máquina. Ao colocar esta folha na produção rapidamente se percebeu que os operadores perdem demasiado tempo produtivo no seu preenchimento que, face aos registos já realizados no SGI, se tornavam demasiado dispendiosos do tempo disponível de produção. No entanto, verificou-se que o planeamento da fresa CNC Microcut Challenger 1500 não corresponde à realidade da produção (Figura 25).

POCO

Planeamento Maquinação

Máquina: MICROCUT Challenger 1500

Semana 27: 27/6/2022 - 1/7/2022

| Hora | 27 Junho 27/06/2022 | | 28 Junho 28/06/2022 | | 29 Junho 29/06/2022 | | 30 Junho 30/06/2022 | | 1 Julho 01/07/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------------|---------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|---------|--------------------|------|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|-----|------|------|---|
| | Rubrica Operador | | Rubrica Operador | | Rubrica Operador | | Rubrica Operador | | Rubrica Operador | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PLAN | PROD | PLAN | PROD | PLAN | PROD | PLAN | PROD | PLAN | PROD | | | | | | | | | | | | | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | | | |
| 08:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 09:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 10:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 11:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 12:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 13:30 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 14:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 15:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 16:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 17:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |
| 18:00 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 | 2732 | 2732 | 1 |

Figura 25 - Planeamento operacional de produção da semana 27 da máquina Microcut Challenger 1500

Na Figura 25 detetam-se várias causas que dificultam a precisão do planeamento nesta secção. Pelas zonas assinaladas a vermelho verifica-se que a máquina passa grande parte do seu tempo disponível a fazer alterações em peças com defeitos detetados na montagem. Isto faz com que a máquina não produza o planeado e não seja possível cumprir as datas planeadas comprometendo a entrega das mesmas aos clientes internos e externos.

Verifica-se que na semana 27 a máquina passou cerca de 19 horas e 15 minutos a realizar alterações não planeadas em peças já produzidas, sendo que 1,5 dessas horas já

estavam planeadas para fazer alterações. Assim, o tempo de fazer alterações não planeadas corresponde a cerca de 44,38% do tempo disponível da máquina (40 horas semanais).

Pelas zonas assinaladas a verde na Figura 25 verifica-se que a peça Z31110A-1 esta planeada para entrar na máquina na 5ª feira às 14 horas e só depois entraria a peça Z31110A-3, ou seja, às 13 horas e 30 minutos de 6ª feira. No entanto, a peça Z31110A-1 não foi produzida e o operador colocou na máquina a peça Z31110A-3 o que demonstra que o planeamento e a sequência de trabalho dada pela chefia não foi cumprida.

De modo a minimizar os tempos de registos foi implementada uma segunda fase uma nova solução. Nesta fase, o chefe da secção passa a dar os tempos de produção por cada desenho e o responsável de planeamento elabora as folhas de carga semanal para máquina. Isto elimina os tempos de preenchimento do operador do papel de planeamento evitando a duplicação de registos face aos já realizados no sistema SGI. A folha de planeamento passa a ter o layout apresentado na Figura 26.

POCO

Planeamento Maquinação

Máquina: HWACHEON HI-TECH 450AL YMC

Semana 30: 25/7/2022 - 29/7/2022

| Hora | 2ª Feira 25/07/2022 | | | 3ª Feira 26/07/2022 | | | 4ª Feira 27/07/2022 | | | 5ª Feira 28/07/2022 | | | 6ª Feira 29/07/2022 | | |
|-------|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 26 - Modelo utilizado na 2ª fase de implementação de planeamento operacional na secção de maquinação

Uma alteração importante realizada nesta fase foi o número de horas planeadas visto que esta secção realiza um elevado número de horas extra sem qualquer validação quantitativa desta necessidade. Ou seja, não existe carga de máquinas que prove a necessidade de realizar trabalho extraordinário por parte dos operadores de modo a cumprir os prazos das diferentes obras em curso.

Assim, nesta segunda fase passam a ser planeadas apenas 40 horas semanais por máquina o que irá permitir verificar a necessidade de realizar trabalho extraordinário ou de recorrer a fornecedores externos para fazer face à carga planeada e cumprir os prazos das diferentes obras. Sugere-se ainda que qualquer alteração a realizar a peças já produzidas seja realizada em regime de trabalho extraordinário de modo a cumprir o planeamento realizado. As folhas de planeamento elaboradas nesta fase para a fresadora CNC e para o torno CNC são apresentadas no Anexo L. Ao colocar estas folhas em produção verificam-se duas condições bastante distintas para ambas as máquinas:

- A fresadora CNC tem uma elevada carga de trabalho planeada estando prevista a entrada de novas obras em produção o que poderá constituir um problema no cumprimento do prazo das obras. Verifica-se ainda que estão em produção obras cujo prazo de entrega já foi ultrapassado, sendo que por exemplo para a obra 2647,01 e 2707,01 o prazo de entrega 30 de junho de 2022 e as últimas peças em produção têm data prevista de término de 26 de julho de 2022;
- O torno CNC tem pouca carga planeada e consegue cumprir os prazos de entrega das obras. No entanto, foram realizadas horas extraordinárias no dia de descanso complementar na semana 28 o que fez com que na segunda-feira da semana 29 o planeamento tivesse de ser completamente alterado. Isto fez com que a máquina ficasse com uma baixa carga de trabalho como se verifica na Figura 27.

POCO[®] Planeamento Maquinação Máquina: HWACHEON HI-TECH 450AL YMC

| Hora | Semana 30: 25/7/2022 - 29/7/2022 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|
| | 25 Feiro 25/07/2022 | | | 26 Feiro 26/07/2022 | | | 27 Feiro 27/07/2022 | | | 28 Feiro 28/07/2022 | | | 29 Feiro 29/07/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2604,01 | JOpE112 | | | | | | | | | | | | | |
| 09:00 | 2797,51 | JKpi2 | 54 | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 27 - Planeamento de máquina Hwacheon Hi-Tech 450AL YMC (Torno CNC) para a semana 30 de 2022

No entanto, neste novo modelo de planeamento detetam-se falhas que fazem com que o mesmo não seja eficiente: (1) o modelo é de difícil preenchimento; (2) o modelo não permite que o planeamento seja alterado de forma rápida e fácil; (3) o modelo não é claro nos prazos de término de cada peça e da conclusão de cada obra; (4) o modelo não permite calcular tempos de fim de produção das peças com base no número de horas disponíveis para cada máquina.

Após esta análise conclui-se que o planeamento deve ser em lista e deve devolver um diagrama de *Gantt* de forma a acompanhar visualmente a evolução da carga da máquina, sendo esta ferramenta bastante expressiva e representativa do escalonamento de produção (C. M. O. Silva, 2020). Para isso avança-se para uma nova fase de implementação do planeamento operacional na maquinação utilizando o *software* MS Project. Esta ferramenta é um produto de gestão de projetos que permite desenvolver um cronograma, atribuir recursos a tarefas, acompanhar o progresso, gerir orçamentos e analisar cargas de trabalho. Face a estes atributos esta ferramenta torna-se indicada para planear as máquinas da secção de maquinação.

Foi criado um calendário para cada máquina em que foram introduzidos todos os feriados nacionais e municipais para que estes dias fossem considerados dias não trabalhados, assim como os dias de férias do operador da máquina dado que não existe substituição do mesmo e a máquina não trabalha nestes períodos (Figura 28 - a). Existem operações não produtivas realizadas em cada máquina realizadas diariamente, como por exemplo afinações e limpeza. Estas paragens correspondem em média a cerca de 1 hora por dia por máquina, pelo que o horário de trabalho produtivo inserido no *software* MS Project é de segunda-feira a sexta-feira das 09h00 às 12h00 e das 13h00 às 17h00, o que totaliza 7 horas diárias e 35 horas semanais disponíveis para produção (Figura 28 - b).

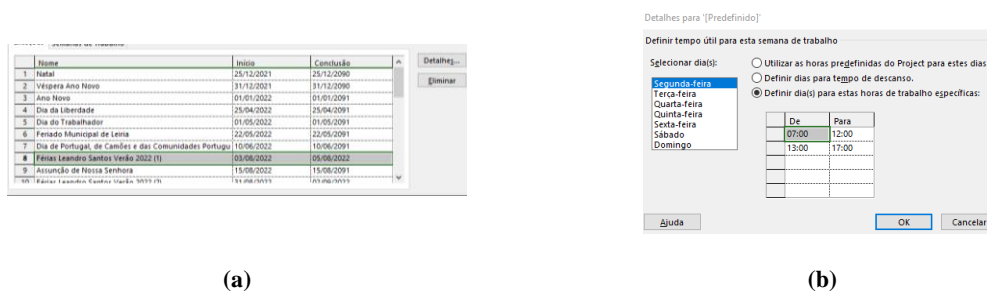


Figura 28 - (a) Calendário de feriados nacionais e municipais e férias da máquina Microcut Challenger 1500; (b) Calendário diário de horas disponíveis da máquina Microcut Challenger 1500

Para realizar o planeamento torna-se essencial conhecer os seguintes campos: semana, obra, desenho, descrição, produção, tipo de fabrico (produção ou correção), quantidade, duração total, data de início e de fim, tarefas predecessoras, percentagem de conclusão, prazo e observações. Com exceção da data de início e de fim de produção todos os campos são de preenchimento manual e o layout da folha de planeamento é apresentado na Figura 29.

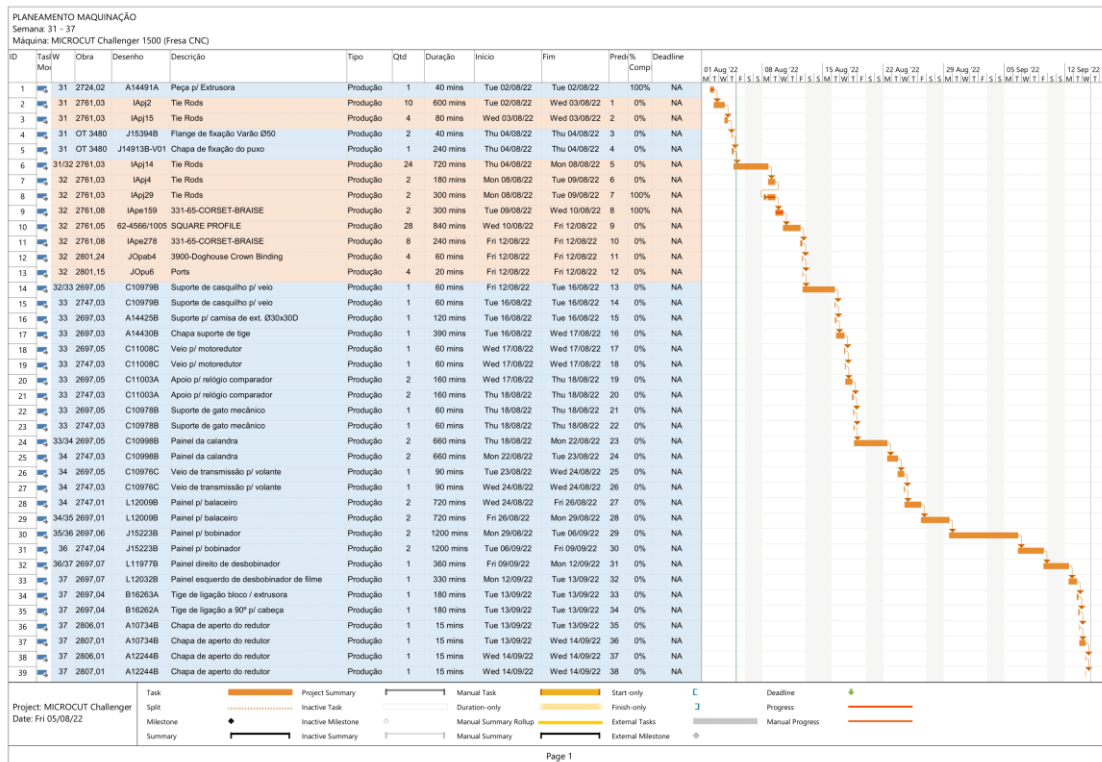


Figura 29 - Planeamento da máquina Microcut Challenger 1500 para as semanas 31 a 37

Sugere-se que seja estudada a hipótese de interligar os dados de controlo de produção do sistema da fábrica ao ficheiro de planeamento para que o campo de percentagem de conclusão da tarefa seja preenchido de forma automática.

3.3 A- Analisar

O cumprimento dos prazos de entrega das obras aos clientes é determinante para o sucesso da empresa e para a imagem que a mesma transmite no mercado em que se insere. A falha destes prazos pode dever-se a baixos índices de produção face aos valores utilizados no planeamento da produção das peças. Assim, nesta etapa devem ser analisadas as causas

que comprometem o planeamento da produção face aos valores determinados. Para isso foi utilizada a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, sendo esta análise apresentada no Anexo M e parcialmente na Figura 30.

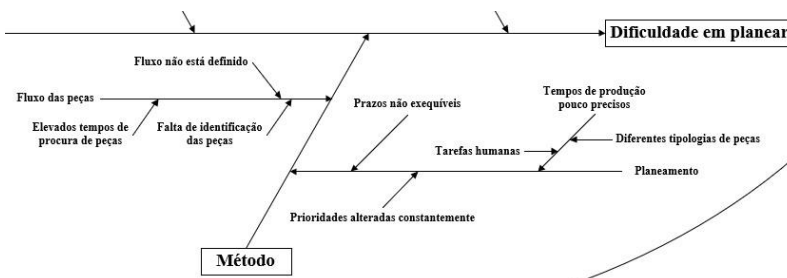


Figura 30 - Parcial de Diagrama de Ishikawa: causa de método no efeito de dificuldade em planear

Deve ainda ser analisada a metodologia utilizada na empresa para o planeamento da produção. De uma forma geral este planeamento utiliza diferentes metodologias de acordo com o tipo de material a transformar seguindo a metodologia apresentada na Figura 31.

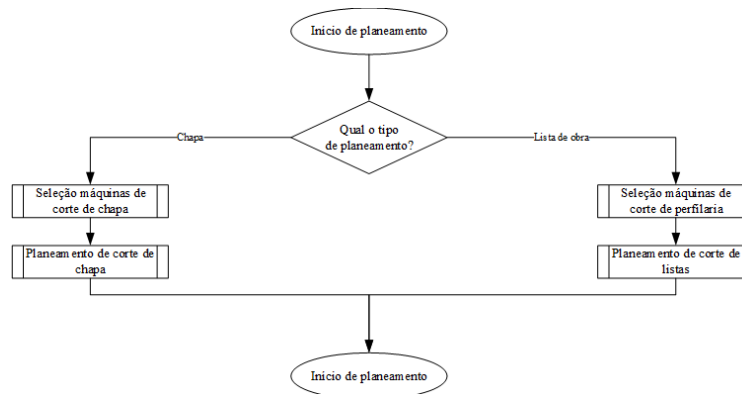


Figura 31 – Metodologia geral de planeamento de produção

Na secção de corte, para conhecer os tempos teóricos por obra, devem ser seguidos algoritmos que permitam saber em que máquinas as peças devem ser produzidas e assim determinar o respetivo tempo de produção. Assim, para ser selecionada uma máquina de corte de chapa, subprocesso “Seleção máquinas de corte de chapa” da Figura 31, deve ser seguido o algoritmo apresentado no Anexo N. Este algoritmo é representado por um fluxograma e define qual a metodologia utilizada para a seleção da máquina para corte de chapa (Vernet MagB 620, Air-Liquide Oxytome 40 HPC ou Guilhotina).

Não é apresentada a metodologia na seleção de máquinas de corte de perfis e tubos devido à sua complexidade que não permite definir um algoritmo assertivo. Para estas máquinas a empresa utiliza o conhecimento e a experiência para a distribuição das peças pelas máquinas. No entanto, sugere-se que sejam tidos em consideração os limites das máquinas apresentados no Anexo D.

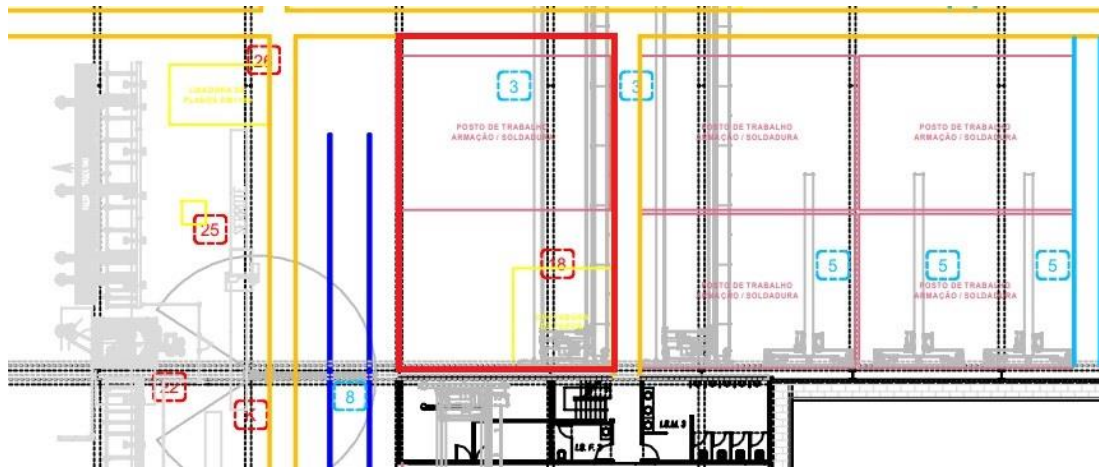
3.4 I – Melhorar (do inglês, *Improve*)

Nesta secção pretendem-se apresentar ferramentas que podem solucionar problemas afetos à produção da empresa e colocar em causa o planeamento da produção. Serão apresentadas ferramentas como a definição de indicadores de capacidade e de desempenho, a alteração de um layout na produção de modo a otimizar o fluxo das peças ao longo da cadeia de abastecimento, a integração do planeamento no ERP da organização, as capacidades de recursos humanos disponíveis na empresa e a definição de tempos de maquinação.

3.4.1 Layouts e Fluxo de Materiais e Informação

Estudos demonstram que a otimização de layouts em indústrias metalomecânicas com um tipo de produção *job-shop* permitem ganhos pela empresa com reduções de movimentação entre 40 a 50% e reduções da área produtiva utilizada em 40% (A. L. Da Silva & Rentes, 2012). Pela realização de *Gemba Walks* verifica-se que o tempo que os operadores dedicam à procura das peças para operações de armação pode condicionar a cadência da produção. Para minimizar estes tempos sugere-se a definição de uma área com “ilhas” por obra onde sejam colocadas as peças após as operações de corte e outros processos de transformação. Esta área deve estar marcada e devem ser definidas áreas de acordo com a cadência média de produção para alocação de peças de obras diferentes.

Ao analisar o layout da produção da organização verifica-se que existe entre as secções de corte e de armação uma área que atualmente não é utilizado para nenhuma tarefa pelo que poderá ser utilizada para colocação de peças para armação, assinalada a vermelho na Figura 32 - a. Relativamente à curvadora de perfis que está colocada na área pode ser verificada a possibilidade de colocar esta máquina noutra local da produção dada a sua baixa taxa de utilização. Atualmente a área definida está desorganizada e suja como demonstrado na Figura 32 - b e Figura 32 - c.



(a)



(b)



(c)

Figura 32 - (a) Área para alocação de peças após processos de corte e transformação; (b) e (c) Estado atual do layout

O layout tem dimensões de 16,9x7,5m o que totaliza uma área de 126,75m². De forma a definir o número de zonas a definir nesta área deve ser considerado o número médio de obras em curso na secção de corte e outros processos de transformação.

Atualmente o fluxo de materiais e informação (FMI) é o apresentado no Anexo O. Pretende-se que sejam realizadas alterações de modo que o FMI passe a ser como o apresentado no Anexo P. Estas alterações passam por:

- Criação de *Kanban* para levantamento de materiais entre fornecedores de MP e fornecedores de serviços quando a empresa solicite serviços a fornecedores para os quais deve fornecer materiais;
- *Kanban* de sinalização entre armazém de MP e Produção;
- *Kanban* de Produção e implementação de retirada física entre secções de limpeza de peças e processos de conformação e a secção de armação;

- Reuniões *Kaizen* entre Projeto, Planeamento, Produção e Compras.

Propõe-se ainda a implementação da metodologia 5S de forma a garantir que apenas são colocadas no local peças para a secção de armação, organizar o layout por projeto (obra), manter o local limpo e organizado e implementar autodisciplina nos operadores em relação ao fluxo das peças.

3.4.2 Planeamento Integrado

A implementação e manutenção de um sistema de gestão auxiliado por computador como um ERP tem um elevado impacto financeiro nos gastos de uma empresa (Saniuk, 2013). No entanto, os custos de implementação e desenvolvimento do sistema já foram suportados dado que o mesmo se encontra em funcionamento sendo utilizado dentro de toda a empresa e em todas as suas secções produtivas e não produtivas.

O sistema deve receber ordens de produção que devem por sua vez gerar alertas à e ter uma sequência de tarefas determinante para garantir que estão disponíveis todas as peças para armar o respetivo conjunto ou peças soltas para respetiva inspeção.

Para que se possa armar um conjunto é necessário que o operador tenha à sua disposição todas as peças necessárias para tal operação, sendo o tempo de procura das peças uma das causas que pode comprometer qualquer planeamento realizado. Para isto torna-se essencial saber analisar e compreender o funcionamento das diversas peças de modo a determinar as necessidades de fabrico. Na sequência apresentada na Figura 33 é demonstrado como as existe uma ligação entre as diversas peças até que sejam montadas de forma a obter uma peça final (desenho de montagem – Figura 33-a).

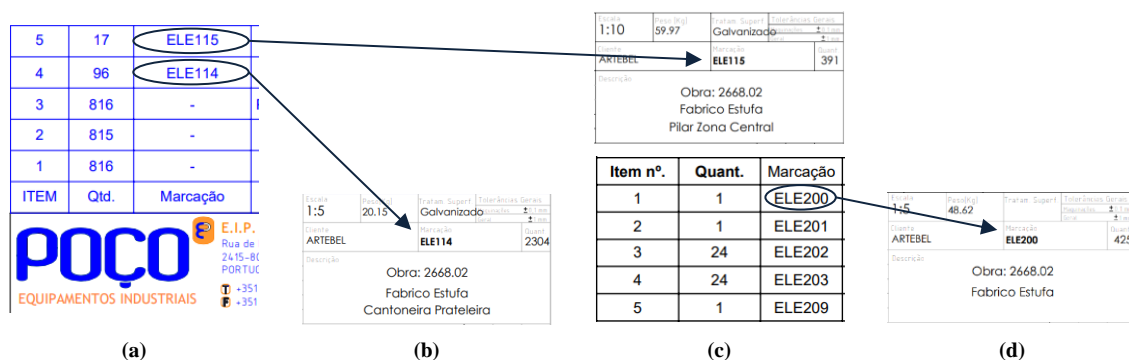


Figura 33 - Fluxo de montagem entre desenhos de (a) Montagem; (b) Peça Solta; (c) Conjunto e (d) respetivo Croqui

De forma que os registos de subcontratação originem registos de lançamentos de produção realistas estes devem estar associados à tipologia de peça da seguinte forma: (1) Um registo de subcontratação de peças do tipo “Peça Solta” e “Croqui” deve dar origem a um lançamento na secção de corte; (2) Um registo de subcontratação de peças do tipo “Conjunto” deve dar origem a um lançamento nas secções de armação e soldadura.

Devem ser definidas datas de início e de fim para cada processo produtivo para a obra de forma a realizar um planeamento tático. Isto deve ser integrado no SGI sendo atribuída ao responsável da obra a responsabilidade de determinar quais estes períodos.

Estes dados devem resultar em gráficos que permitam conhecer as quantidades de kg a processar por determinado período. O peso total da sub obra deve ser dividido ao longo do período útil resultando em indicadores que podem apoiar na tomada de decisão acerca da necessidade de recursos afetos à produção.

3.4.2.1 Mapeamento do ERP

O ERP deve ser mapeado de modo a serem detetadas e analisadas as etapas críticas e os respetivos níveis de criticidade para o processo de planeamento. Para isso deve ser utilizada a seguinte legenda: (1) Nível I – Não compromete o planeamento; (2) Nível II – Atrasa planeamento de peças; (3) Nível III – Altera planeamento de peças e (4) Nível 4 – Inviabiliza o planeamento. No Anexo Q são apresentadas as etapas consideradas críticas e o seu respetivo nível de criticidade, assim como a sua descrição e uma apresentação de uma ou mais soluções que possam minimizar ou eliminar a criticidade do problema.

3.4.2.2 Ferramenta de teste PLAN_PM

A integração do planeamento operacional no SGI implica o envolvimento de bastantes recursos da organização, sendo estes recursos maioritariamente recursos humanos que se traduzem em recursos financeiros para a organização.

De modo a verificar as condições ideais de integração do planeamento no sistema sugere-se a utilização de uma ferramenta para teste- PLAN_PM. Esta ferramenta, elaborada no *software* Excel com base em programação Visual Basic, tem como objetivo planear os desenhos a produzir em cada máquina ou posto de armação, devolvendo ordens de trabalho diárias para cada máquina e posto de armação. Permite ainda guardar um registo histórico do planeamento realizado por obra. Os inputs e outputs desta ferramenta são apresentados na Tabela 18. A ferramenta e todos os recursos associados à mesma foram desenvolvidos

em 64 horas o que, considerando um custo de 25 €/hora, totaliza um custo de 1.600,00€ para a organização

Tabela 18 - Inputs e outputs da ferramenta PLAN_PM

| Inputs | Outputs |
|--|--|
| Ficheiro da obra em formato Excel, obtido pelo sistema KPI Manager; Máquinas de corte e outros processos de transformação; Postos de armação; Data de início de produção; Tempo de produção em dias. | Ordem de trabalho diária por máquina e por posto de armação; Posto de armação a que se destinam as peças cortadas; Ficheiro da obra em formato Excel atualizado com planeamento realizado; |

Numa fase inicial o planeamento deve ser determinado com base num período temporal diário de modo a determinar os prazos para conclusão do fabrico das peças. Com isto pretende-se obter planeamento das máquinas e postos de armação que posteriormente devem ser comparados com a realidade. A implementação desta ferramenta para testes apresenta inúmeras vantagens para a organização: (1) permite definir um método eficaz com base em tentativas que aproximem o planeamento da realidade, (2) é de simples utilização, (3) tem baixos custos de implementação, (4) devolve ordens de trabalho para as máquinas e postos de armação e (5) permite alterações e revisões manuais de forma rápida.

No entanto, a ferramenta apresenta as seguintes limitações: (1) o ficheiro da obra obtido pelo sistema KPI Manager deve estar localizado sempre na mesma pasta e ter sempre o mesmo nome (“Produção_v2.xlsx”), (2) a formatação do ficheiro da obra não pode ser alterada, (3) não pode ser utilizada por dois ou mais utilizadores em simultâneo, (4) não contempla a carga das máquinas e dos postos de armação, (5) requer definição de layouts e cumprimento de procedimentos por parte dos operadores e (6) uma vez definida uma máquina para fabrico da peça a ferramenta não permite planear outros processos intermédios de fabrico.

A ferramenta disponibiliza ao utilizador a interface apresentada na Figura 34 que aproxima a disposição das máquinas e postos de armação ao layout da produção (Anexo C). Estão ainda disponíveis fornecedores externos (Mecnicentro) e internos (Secção Inox e Centro de Maquinação).

3.4.2.3 Ferramenta de teste PLAN_SUB

De modo a rastrear com maior facilidade e registar todos os eventos associados à produção de peças em fornecedores externos foi criada uma ferramenta que permite gerar sublistas que contenham esta informação. Esta ferramenta, denominada de PLAN_SUB, permite automaticamente criar sublistas através da interface apresentada na Figura 36. No Anexo S é apresentado um exemplo de uma sublista já preenchida.



Figura 36 - Interface da ferramenta PLAN_SUB

Esta ferramenta é utilizada maioritariamente para obras para o cliente interno Periplast, sendo estas obras tipicamente mais exigentes a nível de maquinaria requerendo maiores trabalhos externos. Assim, esta ferramenta permite ainda atualizar um relatório (Figura 37) com as obras em produção de modo a acompanhar o seu estado de produção.

| Obras PERIPLAST em produção | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|---------|-------|--|-----------------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|----------------|----------------------------------|---|-------------------|-------------------------|-------------------|
| Power SUB | PREC | Opera | Lista | Descrição | Conte | Fabricação | Data Produção | Data prevista conclusão | Data Conclusão | Situação | *Não contempla serviços de tratamento de superfície | | | |
| | | | | | | | | | | | % Conclusão Maquinagem | % Conclusão Corte | % Conclusão Serrocharia | % Conclusão FINAL |
| 04/03/2022 | 2 | 2725,81 | 3785 | PERIPLAST_082405.01.Misturador Arrefecedor H1200(C3500 - Cuba do Arrefecedor e do Misturador) | Popo | Micrometro | 10/11/2022 | 06/03/2022 | | Em produção | 80% | 100% | 100% | 88% |
| | | | 3868 | PERIPLAST_082405.01.Misturador Arrefecedor H1200(C3500 - Chumaceira, Base de Descarga e Cilindro | Popo / Micrometro | Micrometro | 04/02/2022 | 02/05/2022 | | Em produção | 100% | 100% | 97% | |
| | | | 3974 | PERIPLAST_082405.01.Misturador Arrefecedor H1200(C3500 - Estrutura, Avel de Aquecimento e Pila do Misturador | Popo / Micrometro | Micrometro | 28/02/2022 | 13/03/2022 | | Em produção | 80% | 100% | 100% | |
| 28/02/2022 | 4 | 2728,82 | 3859 | PERIPLAST_082406.02.Micrometro MP300 | Popo / Micrometro / Laser-Externo | Micrometro | 11/02/2022 | 13/03/2022 | | Em produção | 80% | 100% | 0% | 72% |
| | | | | | Popo Laser-Externo | Popo | 11/02/2022 | 27/05/2022 | | Em produção | 100% | 100% | 50% | |
| 18/03/2022 | 5 | 2421,04 | 3940 | PERIPLAST_082501.06.Cabeça de Refinamento | Micrometro | Micrometro | 03/03/2022 | | | Em produção | 90% | 100% | na | 88% |
| 22/04/2022 | 7 | 2728,81 | 4041 | PERIPLAST_082406.01.Sistema de alimentação automática | Popo / Micrometro | Micrometro | 04/04/2022 | 20/05/2022 | | Em produção | 25% | 100% | na | 65% |
| | | | | | Popo Laser-Externo | Popo (Secção INOX) | 01/04/2022 | 13/05/2022 | | Em produção | 100% | 100% | 0% | |
| 09/06/2022 | 8 | 2724,83 | 4028 | PERIPLAST_082406.03.Fixação hidráulica e suporte de cabeça (2 un.) | Popo | Popo (Secção INOX) | 26/04/2022 | 07/06/2022 | | Em produção (REG. FABRICO 34683) | 0% | 0% | 0% | 9% |
| | | | | | | | 26/04/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | na | 90% | 0% | |
| 09/06/2022 | 9 | 2724,83 | 3991 | PERIPLAST_082406.03.Fixação hidráulica e suporte de cabeça (2 un.) | Popo | Popo (Secção INOX) | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | na | 0% |
| | | | | | | | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | na | |
| 09/06/2022 | 9 | 2724,87 | 4127 | PERIPLAST_082406.07.Tina vácuo redonda TVM401(1+4m) (2 un.) | Popo Laser-Externo | Popo (Secção INOX) | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | | | | | | | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | |
| 09/06/2022 | 9 | 2724,88 | 4142 | PERIPLAST_082406.07.Tina vácuo redonda Tarm405M1 (2 un.) | Popo Laser-Externo | Popo (Secção INOX) | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | | | | | | | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | na | 75% | 0% | |
| 09/06/2022 | 9 | 2724,82 | 4166 | PERIPLAST_082406.02.Estrutura Ø75x300 (2 un.) | Popo | Popo (Secção INOX) | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | 69% |
| | | | | | | | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | na | |
| 09/06/2022 | 9 | 2724,1 | 4332 | PERIPLAST_082406.03.Piso de tela P11004602 em aço inoxidável 160x160 (2 un.) | Popo | Popo (Secção INOX) | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 50% | 0% | 10% |
| | | | | | | | 26/05/2022 | 07/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | |
| 09/06/2022 | 9 | 2712,02 | 4176 | PERIPLAST_C08_2432.01: Peça de adaptação e actua de actuador de tampa tubular | Laser-Externo | na | 01/06/2022 | 08/06/2022 | | Em produção | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | | | | | | | 01/06/2022 | 08/06/2022 | | Em produção | na | 0% | na | |

Figura 37 - Relatório de estado de produção de obras planeadas pela ferramenta PLAN_SUB

3.4.2.4 Fase piloto de desenvolvimento

A empresa já se encontra a integrar o planeamento da produção no SGI na secção de corte (Figura 38). Para isto o sistema já tem disponível um campo para definir as máquinas de corte para perfis e tubos das peças e devolver Ordens de Produção (OP) para as respetivas máquinas (Anexo T - i). Já as OP para as máquinas de corte de chapa ainda são criadas manualmente de acordo com os prazos das obras (Anexo T - ii).



Figura 38 - Integração de planeamento da produção no SGI

Nesta fase a empresa ainda se encontra em testes para esta integração sendo que as OP não contemplam a carga das máquinas e apenas permitem atribuir máquinas de corte às peças.

3.4.3 Mão-de-obra

Para além de ser conhecida a capacidade de produção para as cargas das máquinas é ainda importante conhecer os recursos humanos disponíveis para operar as mesmas e os recursos humanos disponíveis para os restantes processos, como a armação. Para esta análise sugere-se a implementação de uma ferramenta que relacione os inputs e os outputs apresentados na Tabela 19. Esta ferramenta, denominada de Matriz de Competências (MC), deve relacionar as competências dos operadores com as várias máquinas, processos e procedimentos produtivos da organização.

Tabela 19 - Inputs e Outputs da Matriz de Competências

| Inputs | Outputs |
|--|--|
| Nome dos colaboradores | Número de operadores por nível de competência por máquina, processo e procedimento |
| Números dos colaboradores | Mão-de-obra disponível por máquina, processo e procedimento |
| Nível de competência de colaboradores por máquina, processo e procedimento | Necessidades de formação por máquina, processo e procedimento |

Quando devidamente atualizada esta matriz permite obter indicadores como o número total de colaboradores por NCO, por NCO por máquina/processo e NCO por procedimento. Na Tabela 20 são apresentados valores com base nas competências disponíveis na empresa. Não são apresentados os valores de NCO iguais a 1 dado que o número de operadores com este nível é sempre igual a zero sendo este nível atribuído automaticamente quando lhe for atribuído outro nível de competência. Isto porque este nível indica que o operador não executa, no entanto foi identificada a necessidade de que passe a executar.

Tabela 20 - Número total de colaboradores por NCO, por NCO por máquina/processo e por NCO por procedimento

| Indicador | Total | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 |
|-----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| Colaboradores | 55 (100%) | 24 (43,64%) | 20 (36,36%) | 19 (34,55%) |
| Máquinas e Processos | 26 (100%) | 5 (19,23%) | 8 (30,77%) | 20 (76,92%) |
| Procedimentos | 37 (100%) | 9 (24,32%) | 11 (29,73%) | 9 (24,32%) |

O número de operadores por NCO pode ainda ser visualizado graficamente. Esta análise (Figura 41) permite neste caso perceber que existe um elevado número de colaboradores em formação pelo que são propostas as seguintes soluções: (1) verificar se existe um elevado número de auditorias com resultado não conforme (NOK) que possam originar uma baixa taxa de evolução do NCO de 2 para 3, (2) diminuir o número de operadores em formação de modo a garantir que as formações são dadas de acordo com as necessidades e é dada a respetiva atenção ao operador e (3) verificar se existe um número elevado de operadores que possam evoluir do NCO 2 para 3.

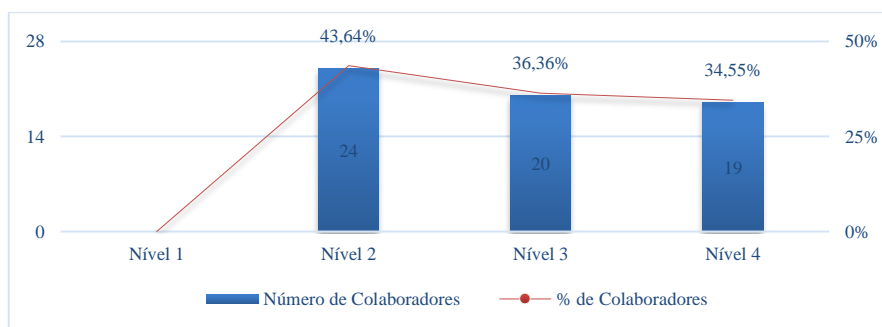


Figura 41 - Número de colaboradores e percentagem face ao número total por NCO

Com base na análise da Figura 41 verifica-se que existe um elevado número de operadores em formação (43,64%). Face a estes resultados a empresa deve tomar as seguintes medidas: (1) verificar se existem operadores que possam passar do NCO 2 para 3, (2) verificar se os métodos de formação estão corretamente definidos e se estão a ser cumpridos), (3) diminuir o número de operadores em formação ou (4) analisar se os critérios de passagem de NCO 2 para 3 estão demasiadamente exigentes e assim rever o plano de auditoria dos operadores.

Com esta ferramenta é ainda possível obter indicadores úteis para determinar a resposta de todas as secções da produção face à procura. Definindo objetivos para a mão-de-obra disponível para cada secção é possível verificar a eficiência de cada uma (Figura 42).

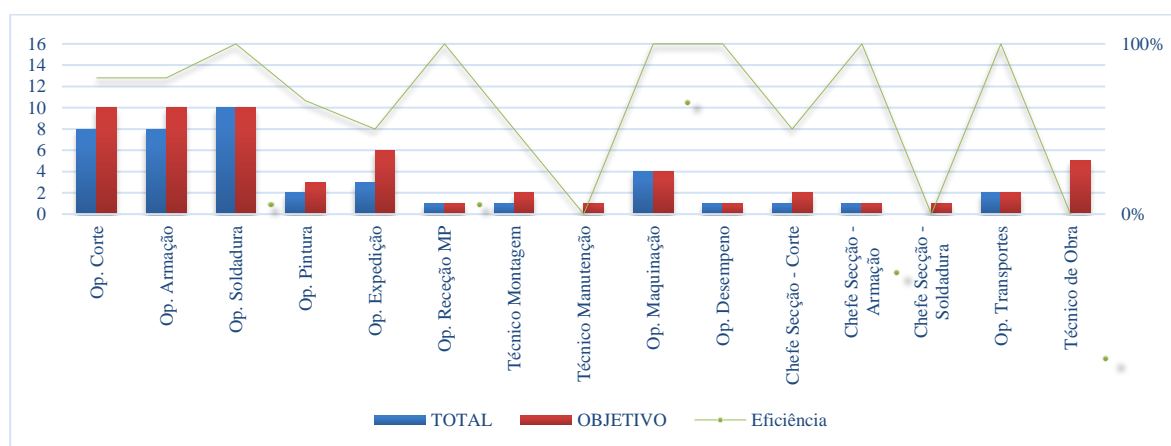


Figura 42 - Número total e objetivo de operadores por máquina, processo e procedimento e respetiva eficiência

Pela análise da Figura 42 verifica-se que as secções de corte, armação, pintura e expedição têm valores baixos de eficiência (80%, 80%, 66,67% e 50%, respetivamente) face ao número de operadores definido como objetivo para as secções. Sugere-se que sejam revistos os valores objetivo para estas secções e, caso se mantenham, sejam contratados operadores para estas competências.

Os níveis de competência atribuídos a cada operador permitem ainda definir a capacidade que é expectável dos mesmos. Analisando com maior detalhe a secção de armação é possível definir capacidades de produção de acordo com o nível de competência, utilizando como referência o limite mínimo, valor médio e limite máximo do indicador PAO (secção 3.2.3.1). estes valores são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Capacidade de armação por operador por nível de competência (NCO)

| NCO | 2 | 3 | 4 |
|-----------|------------------|------------------|------------------|
| Indicador | PAO ₂ | PAO ₃ | PAO ₄ |
| Kg/h | 38,932 | 83,209 | 116,865 |

Com a implementação da MC e desta metodologia a capacidade disponível produtiva por dia altera de acordo com os níveis de competência dos colaboradores.

3.4.4 Tempos de maquinação

Os tempos de maquinação são dados com base na experiência do responsável da secção. Assim, de modo a operacionalizar as operações de maquinação sugere-se que sejam gerados relatórios no *software* Autodesk Fusion 360 que segmentam os diferentes tempos das diferentes operações em cada peça. estes relatórios resultam da programação feita pelo operador da respetiva máquina.

No Anexo V é apresentado um exemplo de um relatório de maquinação de fresa para uma peça com marcação J14913B-V01 que tem origem na máquina de corte de chapa e de seguida é enviada para a secção de maquinação. Para esta peça apenas são necessários dois apertos (Setup 1 e Setup 2) e após a maquinação a peça deve ficar de acordo com a Figura 43, onde também é possível verificar o ponto zero definido pelo operador face à origem dos eixos.

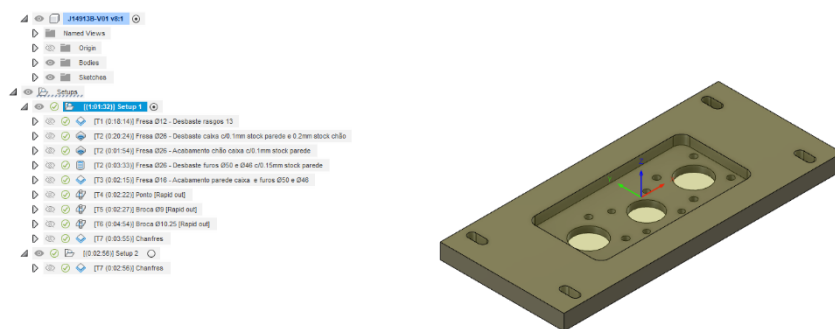


Figura 43 - Programação de maquinação de peça com marcação J14913B

Para a peça obtém-se um tempo de maquinação igual a 64,35 minutos para o Setup 1 e 3,77 minutos para o Setup 2, o que totaliza 68,12 minutos para maquinação desta peça.

Salienta-se que este tempo não contempla o tempo de programação nem o tempo de apertos da peça da máquina. O tempo de programação não deve ser contabilizado dado que o operador consegue realizar esta operação enquanto a máquina se encontra a maquinar outras peças. Em relação ao tempo de aperto da peça deve ser definido um tempo médio para esta operação e incrementado ao tempo de maquinação.

Quando analisado o ficheiro de planeamento da secção verifica-se que o tempo estimado para fabrico desta peça foi de 240 minutos, como se verifica na Figura 44.

| W Plan. | Obra | Desenho | Descrição | Tipo | Plan? | Qty | Duração | Início | Fim | Pr | % Co | Deadline | Folga | Data Prod. |
|---------|---------|-------------|--------------------------|----------|-------|-----|----------|--------------|--------------|----|------|--------------|-------|--------------|
| W32 | OT 3480 | J14913B-V01 | Chapa de fixação do puxo | Produção | Sim | 1 | 240 mins | Mon 08/08/22 | Mon 08/08/22 | | 100% | Mon 08/08/22 | 0 | Mon 08/08/22 |

Figura 44 - Tempo estimado de maquinação para a peça J14913B-V01

Com esta informação verifica-se que o tempo planeado foi 352,32% superior ao tempo de maquinação calculado pelo programa. No entanto, o tempo devolvido pelo programa é também um tempo estimado que pode não contemplar o material a ser maquinado e respetiva dureza, que tem influência no tempo real de maquinação da peça.

Sugere-se a comparação do tempo estimado de produção e do tempo de maquinação estimado pelo programa de modo a verificar qual se aproxima mais da realidade. Esta diferença significativa de tempos compromete o planeamento na secção o que pode levar a datas de conclusão previstas pouco aproximadas da realidade.

3.5 C – Controlar

Nesta etapa deve ser garantido que a longo prazo os objetivos definidos na primeira etapa são atingidos. Para isso vão ser desenvolvidos indicadores de capacidade de desempenho de forma a manter o processo estável e sob controlo. Vai ainda ser analisada a eficiência da secção de corte e armação e verificada a estabilidade do processo de armação. Para esta última tarefa serão utilizadas cartas de controlo em que entre o valor médio e o limite inferior e superior de cada amostra, por definição desta ferramenta, são considerados 3 desvios-padrão, daí estar a ser utilizada a metodologia Seis Sigma.

3.5.1 Indicadores de Capacidade

De forma a controlar as operações de corte e armação torna-se útil a utilização de indicadores que determinem a capacidade produtiva das máquinas e operadores de modo a conhecer a capacidade de resposta da empresa face às suas necessidades produtivas.

As operações de corte são operações que dependem da capacidade dos operadores e das máquinas. No entanto, no âmbito deste projeto apenas foram analisadas as capacidades referentes às máquinas de corte tendo sido definidos rácios de kg/h de acordo com a capacidade demonstrada pelas mesmas ao longo do tempo.

Para conhecer a capacidade de cada máquina deve ser utilizada a Equação (6). O número de horas disponíveis para a máquina i é definido de acordo com o número de operadores e a sua distribuição pelas máquinas, sendo que a cada máquina utilizada no cálculo da capacidade deve estar atribuído apenas um operador com um NCO entre 2 e 4. Conhecendo a capacidade produtiva de cada máquina (C_i) é possível conhecer a capacidade da secção de corte. Esta capacidade é dada pela Equação (7) em que C é a capacidade de corte em kg/h, i é o número da máquina e n é o número total de máquinas.

$$C_i = C_{máq. i} \times N^{\circ} \text{ de horas disponíveis} \quad (6)$$

$$C_{\text{Secção de Corte}} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (7)$$

Ao contrário das operações de corte as operações de armação não dependem de máquinas, mas sim de tarefas humanas e do desempenho dos operadores. Assim, para conhecer a capacidade de armação disponível da empresa em cada período t deve ser conhecida a capacidade de cada operador de acordo com o seu nível de competência (Tabela 21). Conhecido o nível de competência de cada operador é possível definir a capacidade produtiva da secção utilizando a Equação (8) que relaciona o número de operadores para cada nível de competência (NCO) entre 2 e 4 e o peso armado por hora (PAO) definido para esse nível.

$$C_{\text{Armação}} = \sum_{\text{NCO}=2}^4 (\text{N}^{\circ} \text{ horas disp.}_{\text{NCO}} \times \text{PAO}_{\text{NCO}}) \Leftrightarrow \quad (8)$$

$$C_{\text{Armação}} = (\text{N}^{\circ} \text{ horas disp.}_{\text{NCO } 2} \times 39,932 \text{ kg/h}) + (\text{N}^{\circ} \text{ horas disp.}_{\text{NCO } 3} \times 83,209 \text{ kg/h}) \\ + (\text{N}^{\circ} \text{ horas disp.}_{\text{NCO } 4} \times 11,865 \text{ kg/h})$$

3.5.2 Indicadores de Desempenho

A eficiência das secções produtivas da empresa devem ser medidas de forma a avaliar o seu desempenho e tomar medidas quando estas tenham valores de produção mais baixos que os valores de referência, ou seja, baixos valores de eficiência. Para isso devem ser definidos Indicadores de Desempenho, também conhecidos como KPI (Indicador-chave de Performance, do inglês *Key Performance Indicator*) de forma a verificar se o processo está sob controlo.

Para a secção de corte devem ser avaliadas as eficiências de cada máquina tendo como valores de referência os tempos produtivos atribuídos a cada uma. Assim, a eficiência de cada máquina de corte e furação deve ser calculada com base na Equação (9).

$$\text{KPI}(\text{Corte: Máquina X}) = \frac{\text{Tempo estimado de produção (h)}}{\text{Tempo real de produção (h)}} \times 100\% \quad (9)$$

Por outro lado, o tempo estimado de produção da secção de armação depende da quantidade necessária para produzir de acordo com as obras em curso. Devem ser obtidas as necessidades de produção de cada obra i em curso obtendo o peso que deve ser produzido por dia considerando os dias disponíveis para armação, utilizando a Equação (10).

$$\text{Necessidades de armação por dia e obra (NADO)} = \frac{\text{Peso da obra } i \text{ (kg)}}{\text{Dias para armação (dias)}} \quad (10)$$

Esta equação devolve o peso que deve ser armado por dia para a respetiva obra e , realizando este cálculo para todas as obras em curso, é possível obter o peso que deve ser armado por dia utilizando a Equação (11), em que n é o número total de obras em curso para um período t .

$$\text{Necessidades de peso de armação por dia (NPAD)} = \sum_{i=1}^n \text{NADO}_i \quad (11)$$

Com este resultado já é possível determinar o número de operadores necessários na secção. Por defeito assume-se que um operador tem disponíveis 8 horas de trabalho diárias pelo que, utilizando a Equação (12), é possível calcular o número de operadores necessários por dia na secção considerando a capacidade de peso armado por hora por operador definido na secção 3.2.3.1 (PAO = 83,209kg/h).

$$\text{Número de operadores de armação (NOA)} = \frac{\text{NPAD (kg/dia)}}{\text{PAO (kg/hora * operador)} \times 8 \text{ horas/dia}} \quad (12)$$

Conhecido o número de operadores é possível verificar se existe a necessidade de realizar horas extraordinárias e a quantidade necessária. Ou seja, caso o indicador NOA seja superior ao número de operadores disponíveis deve ser calculado o indicador NEA (Número de horas extra de armação (NEA), em horas por dia, utilizada a Equação (13). A necessidade de horas extraordinárias pode ainda ser verificada diretamente pela Equação (14) que dispensa a necessidade de cálculo do NOA.

$$\text{NEA(1)} = (\text{NOA} - \text{N}^\circ \text{ operadores disponíveis}) \times 8 \text{ h/dia} \quad (13)$$

$$\text{NEA(2)} = \frac{\text{NPAD} - (\text{N}^\circ \text{ operadores disponíveis} \times \text{PAO} \times 8 \text{ h/dia})}{\text{PAO (kg/h * operador)}} \quad (14)$$

Para demonstrar a funcionalidade destes indicadores para a secção de armação será realizado um cenário fictício para a semana 1 que tem 5 dias úteis, utilizando um PAO igual a 83,209 kg/h. Foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Indicadores de armação para cenário fictício

| Dia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Total |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| NPAD | 3000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5500 | 17500 |
| NOA | 4,51 | 3,00 | 4,51 | 6,01 | 8,26 | 5,26 |

| | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|------|-------|-------|
| Operadores | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| NEA(1) | 0 | 0 | 0 | 8,07 | 26,10 | 34,17 |
| NEA(2) | 0 | 0 | 0 | 8,07 | 26,10 | 34,17 |

Para este exemplo verifica-se que na semana 1 serão necessárias realizar 34,17 horas extraordinárias distribuída pelos 5 operadores, o que equivale a uma média de 7 horas por operador. Existe ainda outra solução que passa pela subcontratação de 1 operador para esta semana dado que as 8 horas de trabalho diárias totalizam 40 horas semanais, o que é suficiente para fazer face a esta necessidade.

Para esta secção pode ainda ser avaliada a eficiência de toda a secção, utilizando a Equação (16), e ainda de cada colaborador com a Equação (17), considerando o valor de peso armado por hora (PAO) de acordo com o seu nível de competência (NCO). Para cálculo da eficiência de toda a secção torna-se necessário calcular em primeiro a capacidade disponível da secção considerando os NCO de cada operador e respetivo PAO através da Equação (15), em que i representa o NCO do operador.

$$NCO_{TOTAL} = \sum_{i=2}^4 PAO_i \times N^{\circ} \text{ operadores disponíveis}_i \times 8 \text{ horas/dia} \quad (15)$$

$$KPI (\text{Secção Armação}) = \frac{\text{Peso médio armado por dia}}{NCO_{TOTAL}} \times 100\% \quad (16)$$

$$KPI (\text{Operador Armação}) = \frac{\text{Peso médio armado por hora}}{PAO} \times 100\% \quad (17)$$

3.5.3 Eficiência da secção de corte e de armação face a objetivos estratégicos

A Administração da empresa pretende atingir o objetivo de 24 toneladas por dia em todas as secções produtivas. Para isso deve ser avaliada a eficiência das secções comparativamente a este valor de referência. Na Figura 45 é apresentado o peso processado por dia na secção de corte e de armação, entre 2018 e 2021, e a respetiva eficiência quando comparados estes valores com o valor objetivo definido pela Administração.

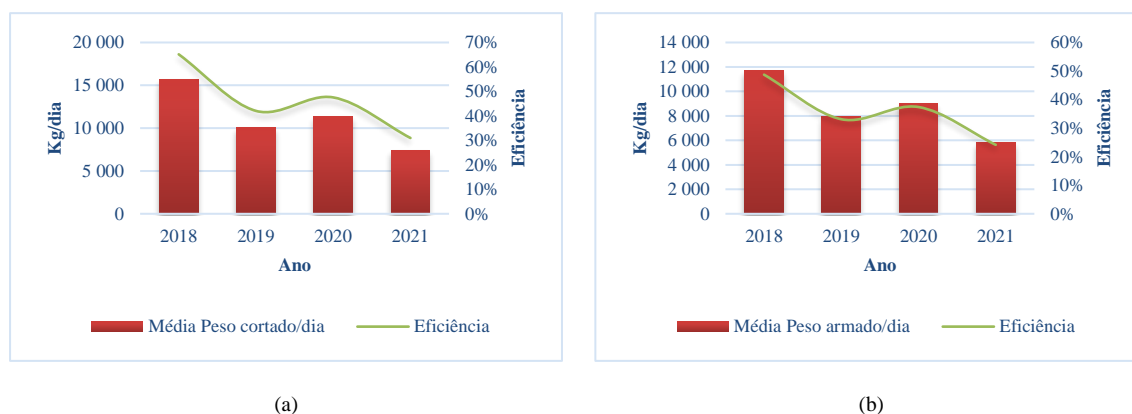


Figura 45 - (a) Peso cortado e (b) Peso armado por dia e eficiência, em kg/h, entre 2018 e 2021

Verifica-se que em nenhum dos anos analisados a empresa teve capacidade de processar o peso objetivo de 24 toneladas por dia. A capacidade produtiva da secção de corte tem vindo a diminuir significativamente ao longo do tempo obtendo, entre 2018 e 2021, valores de eficiência iguais a 65,16%, 42,05%, 47,56% e 30,97%, respetivamente. Também a secção de armação apresenta, entre 2018 e 2021, valores de produção decrescentes ao longo do tempo, com eficiências iguais a 48,73%, 33,13%, 37,39% e 24,15%, respetivamente.

Tal como seria expectável ambas as secções apresentam a mesma tendência de evolução de peso processado ao longo do tempo. No entanto, os valores de corte são superiores aos valores de armação o que se justifica pelo facto de existirem peças que são cortadas e não passam por operações de armação (peças soltas). Apesar de estas peças deverem ser registadas e contabilizadas no peso armado pode não ser cumprido este registo pelo facto de elas nem sempre requerem operações de inspeção o que faz com que não seja feito um registo de armação. No entanto, este procedimento não é o correto dado que todas as peças após cortadas devem ser registadas em todas as operações seguintes, nomeadamente na secção de armação onde deve ser feita uma inspeção às peças soltas de modo a garantir a sua limpeza.

Conclui-se que os valores de produção estabelecidos como objetivo pela empresa são muito elevados face à sua capacidade produtiva. Deve ser medida a capacidade de todo o processo, voltando à etapa 2 do projeto (Medir), de modo a verificar se não é possível atingir o objetivo de 24 toneladas por dia. Numa indústria deste tipo existem diversas causas que podem estar na origem destes valores de produção tão distantes do objetivo da empresa, como: (1) a baixa eficiência das máquinas e operadores, (2) a instabilidade do processo, (3) o fluxo de produção mal definido, (4) layouts pouco otimizados, (5) baixa disponibilidade

das máquinas e dos recursos humanos, ou seja, baixo número de operadores ou de tempos de operação de máquinas, (6) tempos produtivos muito baixos causados por elevados tempos não produtivos, como avarias e tempos de setup, e (7) falta de formação e competência dos operadores.

3.5.4 Estabilidade do processo de armação

Determinada a capacidade diária produtiva de armação (3.2.3) é possível medir a evolução da eficiência diária ao longo do tempo através de uma carta de controlo I-MR. Esta carta de controlo torna-se indicada dado que apenas estamos a medir uma amostra por dia, ou seja, uma amostra por observação. No Anexo X - (i) é apresentada a carta de controlo que mede a eficiência do processo ao longo do período em análise (3 de dezembro de 2018 e 14 de dezembro de 2018) considerando o peso armado por dia. Como expectável, visto que os dados não seguem uma distribuição normal, o processo não é estável dado que existem pontos fora dos limites de controlo superior e eficiências muito próximas de zero. Isto indica que existem dias com registo de peso armado muito superior aos restantes. Esta instabilidade do processo indica ainda que apenas podemos retirar conclusões acerca da capacidade do processo a longo prazo (*Long-Term*).

Em relação ao peso armado por hora por operador (3.2.3.1), após definido o valor médio expectável pode ser analisada a eficiência média. No Anexo X - (ii) é apresentada a carta de controlo de valores médios e de amplitudes da eficiência de todo os operadores, com e sem experiência e formação. Apesar de existirem operadores com valores de eficiência muito baixos o processo encontra-se estável ao longo do tempo. Isto viabiliza a verificação já realizada anteriormente que diz que os dados seguem uma distribuição normal. Dado que o processo é estável, através desta análise, podemos retirar conclusões acerca da sua capacidade a curto prazo (*Short-Term*).

Ao medir o processo ao longo dos meses no período em análise verifica-se que o processo apresenta alguma instabilidade ao analisar a carta de controlo de média e amplitude da média de kg/hora por mês no Anexo X - (iii) e da eficiência face à média de kg/hora por mês no Anexo X - (iv). No mês de novembro de 2019 verifica-se um valor fora do limite superior com uma média de peso armado igual a 123,20 kg/hora. Ao longo do tempo verifica-se uma eficiência média igual a 70,53%. Esta instabilidade no processo pode ainda ser verificada através da carta de controlo dos valores médios de kg/hora dos operadores com maior experiência apresentada no Anexo X - (v).

Foi ainda analisada a eficiência desta secção considerando o número de operadores disponíveis e tendo como referência um valor de peso armado por hora médio (PAO) de 83,209 kg/h (secção 3.2.3.1). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 23, salientando-se que estes resultados podem não corresponder à realidade dado que contabilizam 8 horas disponíveis de trabalho e não são consideradas horas extraordinárias.

Tabela 23 - Eficiência da secção de armação face ao PAO, entre o ano 2018 e 2021

| Ano | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|--------------|---------|---------|---------|--------|
| Média (kg/h) | 106,18 | 90,17 | 84,79 | 42,75 |
| Eficiência | 127,61% | 108,36% | 101,90% | 51,37% |

Verifica-se que a eficiência da secção tem diminuído ao longo do tempo, o que pode indicar alterações no processo produtivo. Face a estes resultados sugere-se que seja retomada a segunda etapa do projeto (Medir) e o valor de capacidade produtiva da secção seja definido com base nos valores do ano anterior, ou seja, o valor de referência do PAO no ano n seja igual ao PAO_{n-1} .

A eficiência de cada operador deve ainda ser controlada, tendo sido realizada esta análise a dois operadores com registos entre 2018 e 2021, sendo que esta antiguidade reflete a sua elevada experiência sendo expectável que estes tenham valores de eficiência altos. Esta análise é apresentada graficamente na Figura 46, sendo esta eficiência calculada com base num PAO de 83,209kg/h.

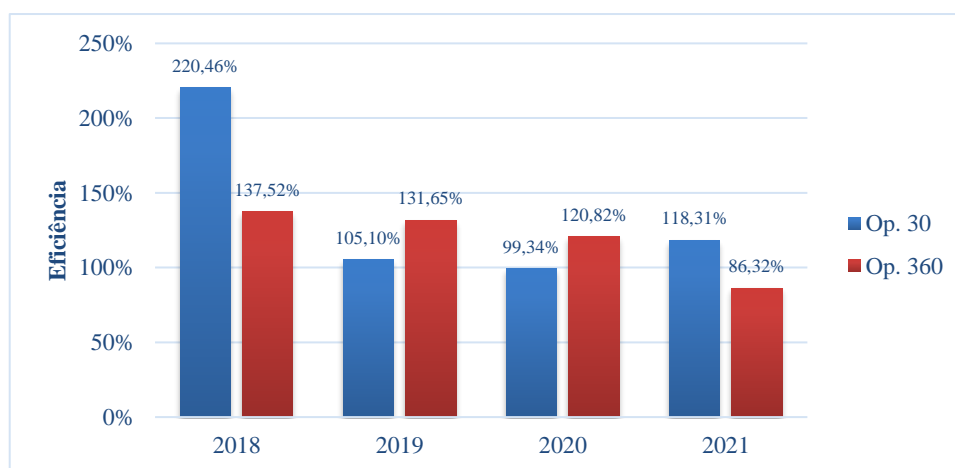


Figura 46 - Eficiência de operadores de armação entre 2018 e 2021

Pela análise da Figura 46 verifica-se que a eficiência de ambos os operadores varia significativamente ao longo dos anos. O Operador 30 apresenta valores de eficiência muito altos no ano 2018, sendo que estes podem não ser valores reais de produção visto que este foi o ano de implementação dos registos no SGI. Nos anos seguintes os valores de produção deste operador estabiliza atingindo uma eficiência em torno de 100%, o que é um bom indicador acerca do seu desempenho. O Operador 360 tem vindo a diminuir significativamente os seus valores de eficiência pelo que devem ser analisadas as causas que possam estar nesta origem.

Foi analisada a evolução do peso médio armado por dia dos operadores com mais de 2000 horas de trabalho (Figura 47) considerando as horas trabalhadas entre 2018 e 2021. Desta análise foram excluídos os operadores 879 e 1076 por apresentarem valores muito elevados (1089,54 kg/h e 563,97 kg/h, respetivamente) o que pode representar valores fora das suas capacidades reais de produção.

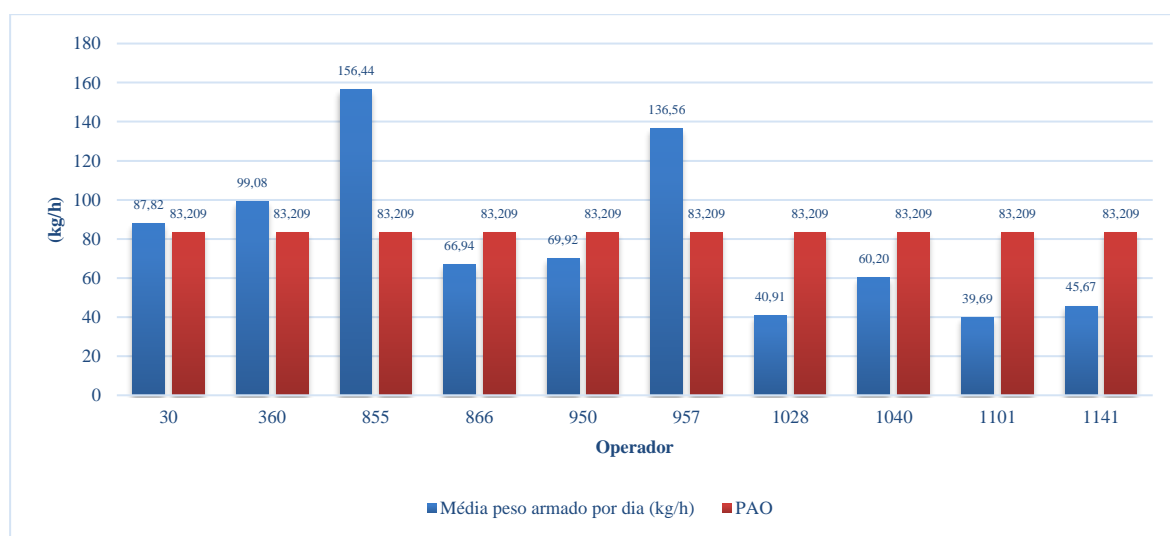


Figura 47 – Relação entre média de peso armado por dia por operador, em kg/h

O número de operador é sequencial face à sua admissão na empresa sendo que ao longo do tempo é expectável que o seu nível de competência vá aumentando de acordo com o seu ganho de experiência no processo. Assim, face a esta análise conclui-se que o nível de competência dos operadores está diretamente relacionado com a sua capacidade produtiva.

É também relevante analisar a evolução do peso médio armado por dia ao longo do tempo (Figura 48).

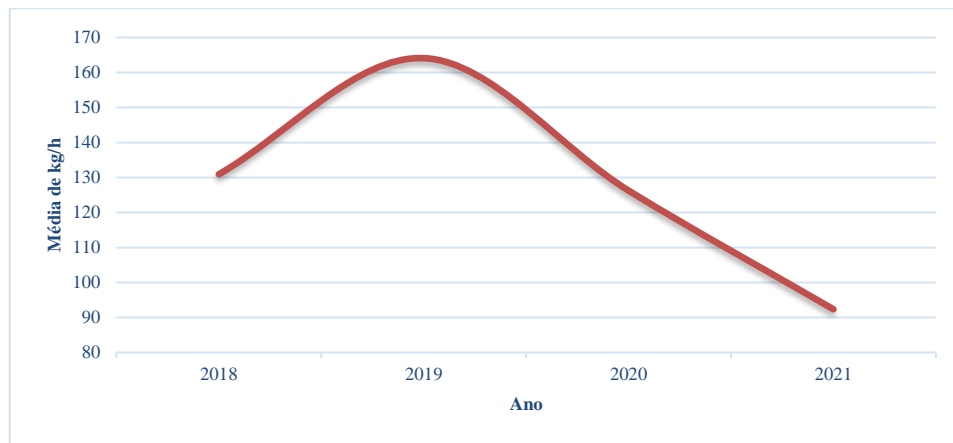


Figura 48 - Peso médio armado por dia entre 2018 e 2021, em kg/h

Ao analisar a capacidade produtiva ao longo do tempo verifica-se que esta tem vindo a diminuir significativamente entre 2019 e 2021. Face a estes resultados devem ser analisadas as causas que possam estar na diminuição da capacidade produtiva ao longo do tempo. Estas causas podem ter origem em alterações do processo, na tipologia de peças, em incumprimentos de registos de produção ou em outros fatores externos como a diminuição da procura do mercado em que a empresa atua.

4 Conclusões e Sugestões futuras

De um modo global os objetivos definidos para este projeto foram atingidos com sucesso. Verifica-se que o sistema de produção da empresa é considerado complexo devido à sua classificação em função do produto, classificando-se como um sistema com um fluxo intermitente por projeto com características de um sistema de produção em série. Face a esta classificação conclui-se que é de extrema complexidade a definição de capacidades produtivas das secções dado a tipologia das peças e os tempos de operações variarem de acordo com cada projeto, o processo ser altamente dependente do nível de qualificação dos operadores e o fluxo das peças variar por projeto.

Foram medidos e definidos rácios de produtividade para as várias máquinas de corte por tipologia de perfil. Quando comparadas as máquinas Ficep, Vernet HD900 e o serrote HB500 verifica-se que é a Ficep que tem os tempos de corte mais baixos para todos os perfis.

Quando analisada a secção de armação verifica-se que o peso médio armado por operador, seguindo uma distribuição normal dos dados, pode variar entre 38,932 kg/h e os 116,865 kg/h, com um valor médio de 83,209kg/hora. Esta amplitude tão alta entre os limites de capacidade devem-se a fatores como: (1) a tipologia e quantidades de peças, (2) o peso por peça e (3) o nível de competência dos operadores.

Entre 2018 e 2021 a secção de armação tem vindo a diminuir a sua capacidade produtiva, apresentando pesos médios armados por dia iguais a 106,18 kg/h e 42,75 kg/h, respetivamente. Esta diminuição de capacidade pode ser motivada por alterações no processo ou por diminuição da mão-de-obra disponível, pelo que deve ser retomada a segunda etapa deste projeto (Medir) sugerindo que o valor de referência para o ano n seja igual ao valor da capacidade do ano n_{-1} . Esta diminuição de capacidade pode ainda estar relacionada com as seguintes causas: (1) alterações do processo, (2) alterações da tipologia de peças, (3) incumprimentos de registos de produção ou (4) outros fatores externos como a diminuição da procura do mercado em que a empresa atua.

Face aos objetivos estratégicos definidos pela empresa (24 toneladas por dia) conclui-se que nenhuma secção alcança estes valores de produtividade, sendo a secção de corte que apresenta um maior peso médio por dia registado. Sugere-se que este objetivo seja revisto de modo a definir um valor que a empresa seja capaz de produzir considerando a variação

de fatores como a mão-de-obra disponível, a procura do mercado em que atua, as alterações no processo e a tipologia de obras em curso.

O ciclo DMAIC demonstrou ser eficaz na definição do sequenciamento de operações necessárias para a integração e implementação de técnicas de planeamento numa indústria metalomecânica. Assim, as etapas do ciclo, baseado na metodologia Seis Sigma, permitiram seguir uma sequência lógica de tarefas no desenvolvimento deste projeto de modo a obter resultados concretos.

Foram ainda apresentados todos os limites das máquinas de corte e um algoritmo para decisão de atribuição da máquina de corte de chapa indicada de forma a integrar todas estas variáveis no ERP da empresa. Enquanto esta integração não for realizada foi disponibilizada à organização uma ferramenta que permite criar Ordens de Trabalho para as máquinas de corte e conformação e para a secção de armação.

Face à instabilidade dos dados verificada no processo sugere-se que a capacidade produtiva de cada secção seja definida de acordo os projetos em curso. Isto porque conclui-se que a tipologia de peças é um fator determinante na capacidade produtiva que a empresa tem e esta varia consoante o tipo de projeto, por exemplo, entre estruturas, pontes rolantes, silos e fornos.

Na fase de melhoria sugere-se utilização do *software* Tecomatix para simular as operações de corte e armação. Com esta simulação pretende verificar-se se a alteração proposta no layout da produção permite aumentar a capacidade da secção de armação como consequência da diminuição do tempo de procura de peças por parte dos operadores.

Sugere-se ainda a alteração do FMI atual com a implementação das ferramentas *Kanban* e *Kaizen* entre diversas secções de modo a garantir uma comunicação mais eficaz e a retirada física das MP eliminando movimentações que não acrescentem valor ao produto.

Conclui-se ainda que face a estas limitações do processo deve ser implementada uma matriz de competências de modo a definir o nível de competência do operador. No caso da secção de armação deve ser atribuído o limite inferior de capacidade (38,932 kg/h) aos operadores de nível 2, o valor médio (83,209 kg/h) aos operadores de nível 3 e o valor do limite máximo (116,865 kg/h) aos operadores de nível 4.

Sugere-se ainda a implementação da ferramenta OEE de modo a avaliar a eficiência das máquinas e da secção de armação e a realização de *briefings* com os operadores de modo a sensibilizar os mesmos para o aumento da sua produtividade e eficiência das máquinas.

De um modo global conclui-se que em indústrias com ambientes complexos torna-se difícil a definição de capacidades produtivas o que leva a uma elevada complexidade na integração do planeamento da produção num sistema de gestão de recursos. No entanto, a integração do planeamento no SGI trará grandes benefícios à empresa pelo que deve ser continuado este processo que se encontra neste momento numa fase piloto.

5 Referências Bibliográficas

- Amjad, M. K., Butt, S. I., Kousar, R., Ahmad, R., Agha, M. H., Faping, Z., Anjum, N., & Asgher, U. (2018). Recent Research Trends in Genetic Algorithm Based Flexible Job Shop Scheduling Problems. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9270802>
- Banco de Portugal. (2021). Nota de Informação Estatística - Análise setorial da indústria metalomecânica 2021. In *Banco de Portugal*. <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1313>
- Berry, W. L., & Hill, T. (1992). Linking Systems to Strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, 12(10), 3–15. <https://doi.org/10.1108/01443579210017204>
- Chapman, C. D. (2005). Clean house with lean 5S. *Quality Progress*, 38(6), 27–32.
- Chapman, S. N. (2006). *The fundamentals of production planning and control*.
- Contador, J. C. (2010). *Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a Serviço da Modernização da Empresa* (3ª Edição). Editora Blucher. <https://books.google.pt/books?id=fDjWDwAAQBAJ>
- Da Silva, A. L., & Rentes, A. F. (2012). Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. *Gestão e Produção*, 19(3), 531–541. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300007>
- Dayan, P., & Niv, Y. (2008). Reinforcement learning: The Good, The Bad and The Ugly. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 185–196. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.08.003>
- Ferreira, A. D. R. (2020). *Melhoria do Processo de Torneamento na Produção de Motores Elétricos*. Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Fonseca, A. V. M. da, & Miyake, D. I. (2006). Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade. *XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 1–9.
- Geomiq. (2021). *Sheet Metal Fabrication Design Guide: The fundamentals of Sheet Metal*. Geomiq. <https://geomiq.com/sheet-metal-design-guide/>

- Giordani, G. (2011). *Análise experimental do processo puncionado de furação de chapas espessas a altas temperaturas* [Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia]. <http://hdl.handle.net/10183/31445>
- Goriwondo, W., & Mhlanga, S. (2014). Use of the Value Stream Mapping tool for Waste Reduction In Manufacturing: Case Study for Bread Manufacturing In Zimbabwe. *Conference: International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, January 2011*.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Hvolby, H. H., & Steger-Jensen, K. (2010). Technical and industrial issues of Advanced Planning and Scheduling (APS) systems. *Computers in Industry*, 61(9), 845–851. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.07.009>
- INE. (2022). *Instituto Nacional de Estatística - Empresas em Portugal: 2020*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/15413305>
- Kardos, C., Laflamme, C., Gallina, V., & Sihm, W. (2020). *Dynamic scheduling in a job-shop production system with reinforcement learning*. 97, 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.210>
- Leschke, J. P. (1998). A new paradigm for teaching introductory production/operations management. *Production and Operations Management Society*, 7(2), 146–159. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.1998.tb00446.x>
- Loureiro, P. A. M. (2020). *Otimização da utilização de ferramentas de corte em fresagem CNC*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Madeira, G. G. de N. (2013). *Utilização de ERP num problema de Planeamento da Produção*.
- Majdoub Hassani, Z. I., El Barkany, A., Darcherif, A. M., Jabri, A., & El Abbassi, I. (2019). Planning and scheduling problems of production systems: Review, classification and opportunities. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 28(3), 372–402. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2019.103520>
- Maravelias, C. T., & Sung, C. (2009). Integration of production planning and scheduling: Overview, challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering*,

- 33(12), 1919–1930. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2009.06.007>
- Miranda, R. E. (2013). *Análise do Planeamento e Controle da Produção em uma Empresa com Sistema de Produção Intermitente*.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th Editio). John Wiley & Sons, Inc.
- Moreira, D. A. (2008). *Administração da produção e operações*. 624.
- Olhager, J., & Wikner, J. (2000). Production planning and control tools. *Production Planning and Control*, 11(3), 210–222. <https://doi.org/10.1080/095372800232180>
- Padilha, T. C. C., & Marins, F. A. S. (2005). Sistemas ERP: Características, Custos e Tendências. *Production*, 15(1), 102–113. <https://doi.org/10.1590/s0103-65132005000100009>
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138–155. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Perales, W. (2001). Classificações dos sistemas de produção. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1–6.
- Pimentel, R. A. D. P. de S. (2012). *Utilização de ERP no contexto de planeamento e programação de produção*.
- Poço, S. (2019). *Manual de Gestão*.
- Previero, W. D. (2016). *Estratégias de resolução para o problema de job-shop flexível*. Universidade de São Paulo.
- Pugna, A., Negrea, R., & Miclea, S. (2016). Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 221, 308–316. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.120>
- Ragowsky, A., & Somers, T. M. (2014). Enterprise Resource Planning. *Journal of Management Information Systems*, 19(1), 11–15. <https://doi.org/10.1080/07421222.2002.11045718>
- Rajenthirakumar, D., Mohanram, P. V., & Harikaarthik, S. G. (2011). Process Cycle Efficiency Improvement Through Lean: A Case Study. *International Journal of Lean Thinking*.

- Ralph Stair; George Reynolds. (2017). *Fundamentals of Information Systems* (9th Editio). Course Technology.
- Saniuk, S. (2013). System of production flow planning in metalworking clusters. *METAL 2013 - 22nd International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings, 2023–2028*.
- Senthil Kumar, K. M., Akila, K., Arun, K. K., Prabhu, S., & Selvakumar, C. (2022). Implementation of 5S practices in a small scale manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings, xxxx*, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.402>
- Silva, C. M. O. (2020). *Informatização do Processo de Planeamento e Controlo da Produção* [Universidade do Minho]. <http://hdl.handle.net/1822/70336>
- Sousa, C. (2013). *Lean 6-Sigma no processo de gestão produtivo de uma Metalomecânica*. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Sousa, A. C. B. de. (2014). *Implementação do método 5S numa empresa de metalomecânica* [Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria]. <https://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/3035>
- Sousa, J. A. G. (2011). *Desempenho de Ferramentas Reafiadas - Furação*. 147.
- Tempelmeier, H. (2003). Practical considerations in the optimization of flow production systems. *International Journal of Production Research*, 41(1), 149–170. <https://doi.org/10.1080/00207540210161641>
- Werkema, C. (2012). Criando a cultura Lean Seis Sigma. In *Elsevier*. Elsevier.
- Westfall, P. H. (2014). Kurtosis as Peakedness. *The American Statistician*, 68(3), 191–195. <https://doi.org/10.1080/00031305.2014.917055>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Anexo A

Apresentação de motivação para a implementação do planeamento da produção



Planeamento de Produção

IMPLEMENTAÇÃO DE
PLANEAMENTO DE PRODUÇÃO

Porquê Planear?



1. Necessidade de planos de trabalho na Produção;
2. Atrasos nos prazos de entrega;
3. Organização do chão-de-fábrica;
4. Envolvimento de todos nos objetivos estratégicos da organização;
5. Falha de recursos humanos;
6. Falta de qualidade motivada por falhas dos prazos de entregas.

Porque é difícil planear?



1. Falhas no cumprimento do procedimento de tratamento de listas na Produção;
2. Incoerências de tempos para Produção;
3. Inexistência de fluxo produtivo otimizado;
4. Falhas nos lançamentos de Produção:
 - a) Processos críticos: Pintura;
5. Falta de polivalência da mão-de-obra da Produção;
6. Mão-de-obra disponível;
7. Resistência à mudança.

O que podemos fazer? Fluxo de entrega de Processos na Produção



PROBLEMA

1. Falhas no cumprimento do procedimento de tratamento de listas na Produção

SOLUÇÃO

Definir local de entrega de processos na Produção.

Definir fluxo de tratamento de processos na Produção.

Mas e as urgências... Deixam de existir?

Não deixam e devem ser tratadas como tal.

Se um processo tiver urgência por proximidade do prazo de entrega o fluxo pode ser interrompido.

Mas atenção, uma urgência deve ser bem ponderada! Não devemos permitir falsas urgências.

O que podemos fazer? Definir fluxo de produção



PROBLEMA

- Inexistência de fluxo produtivo otimizado

SOLUÇÃO

Definir layouts para fluxo de peças.
Detetar e atuar sobre o processo “gargalo”.

Como?

Aplicação de metodologia “Kanbans” por lista;
Ferramentas de Análise de dados;

...



30/12/2021

POCO[®]

5

O que podemos fazer? Lançamento de dados no SGI



PROBLEMA

- Falhas nos lançamentos de Produção

SISTEMA DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO

SOLUÇÃO

Penalização por falhas de registos;
Maior controlo no chão de fábrica;
Rigor da execução da lista no projeto;
Formação dos operadores;

...

30/12/2021

POCO[®]

6

O que podemos fazer? Matriz de Competências



PROBLEMA

- Falta de polivalência da mão-de-obra da Produção

SOLUÇÃO

Promover a Polivalência da mão-de-obra.

Como? Conhecendo as competências da mão-de-obra e dando formação.

Como? Implementando a “Matriz de Competências”.

O que é a “Matriz de Competências? Matriz que relaciona operadores e nível de competência em cada equipamento ou máquina.

| Colaborador | Máquina A | Máquina B | 1 | c |
|-------------|-----------|-----------|---|---|
| André | ■ | ■ | | |
| João | | ■ | | |
| (...) | | | | |
| n | | | | |

30/12/2021

POCO[®]

7

O que podemos fazer? Necessidade de conhecer mão-de-obra disponível



PROBLEMA

- Mão-de-obra disponível

SOLUÇÃO

Deve ser conhecida a carga horária/u.t. disponível.

Como?

Implementar no SGI uma ferramenta que permita conhecer a carga horária de mão-de-obra disponível.

E o que deve ser contemplado?

- Nº de operadores disponíveis por:
 - Seção;
 - Dia, Semana;
- Nº de operadores de férias.

E como combater a falta de assiduidade?

- Prémio de assiduidade;
- ...

30/12/2021

POCO[®]

8

Como Planear?



Métricas por Processo

Tempos de Operação – Planeamento Tático e Operacional



| Processo | Rácio | Estado |
|---|-------------------|--|
| Corte | N.º Peças / hora | Concluído |
| Outros processos de deformação plástica | N.º Peças / hora | Por definir |
| Desempeno | % Tempo soldadura | Por definir |
| Maquinação | Por definir | Por definir |
| Armação | N.º Peças / hora | Por definir |
| Soldadura | Metro / hora | Análise contínua (definir valor para cateto médio) |
| Pintura | Área / hora | Por definir (falta criar associação entre tipo de tratamento e nº camadas e μ espessura) |
| Expedição | 1 expedição / dia | Concluído |

Planeamento Estratégico

Reuniões Master



Periodicidade: Mensal

Duração média prevista: 60/90 minutos

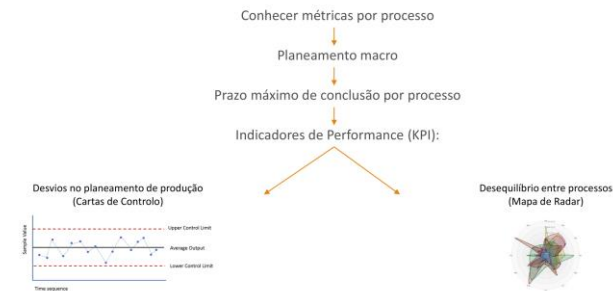
Participantes:

- Diretor Técnico
- Responsável de departamento de Projeto
- Responsável de departamento de Produção
- Responsável de departamento de Planeamento
- Responsável de departamento de Logística
- Responsável de departamento de Compras
- Responsável de departamento de Qualidade
- Responsável de departamento de Segurança

Objetivos:

- Verificar necessidades de recursos humanos
- Verificar indicadores de desvios de planeamento comparando com histórico
- Verificar atrasos de entregas nas obras e decidir ações de melhoria para cada motivo de atraso
- Verificar atrasos nas entregas dos materiais

Planeamento Tático



Planeamento Operacional

Briefing diário



Periodicidade: Diária

Duração média prevista: 5/10 minutos

Participantes:

- Responsável de departamento de Projeto
- Responsável de departamento de Produção
- Responsável de departamento de Logística

Objetivos:

- Comunicar alterações de projeto
- Comunicar faltas de recursos humanos
- Comunicar faltas de materiais

Planeamento de Produção



Poço – Equipamentos Industriais, SA
Rua de Marrazes, Lote 32, Zicofa
2415-807 Leiria
Tel (F): +351 244 574 860

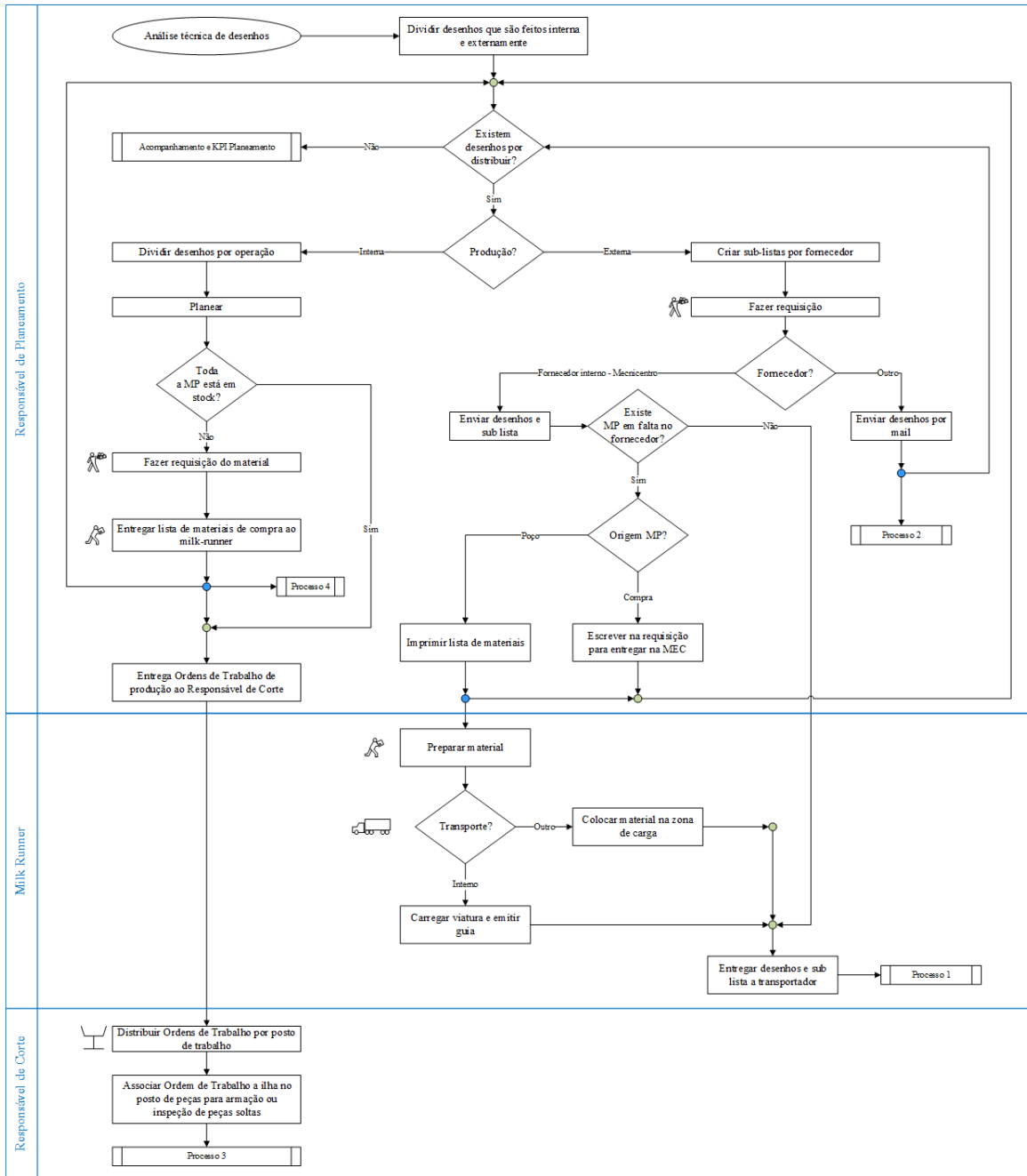


André Santos Ribeiro
Production | Production Department
+351 244 574 860 | +351 244 598 588 424
info@www.poco.pt | www.poco.pt



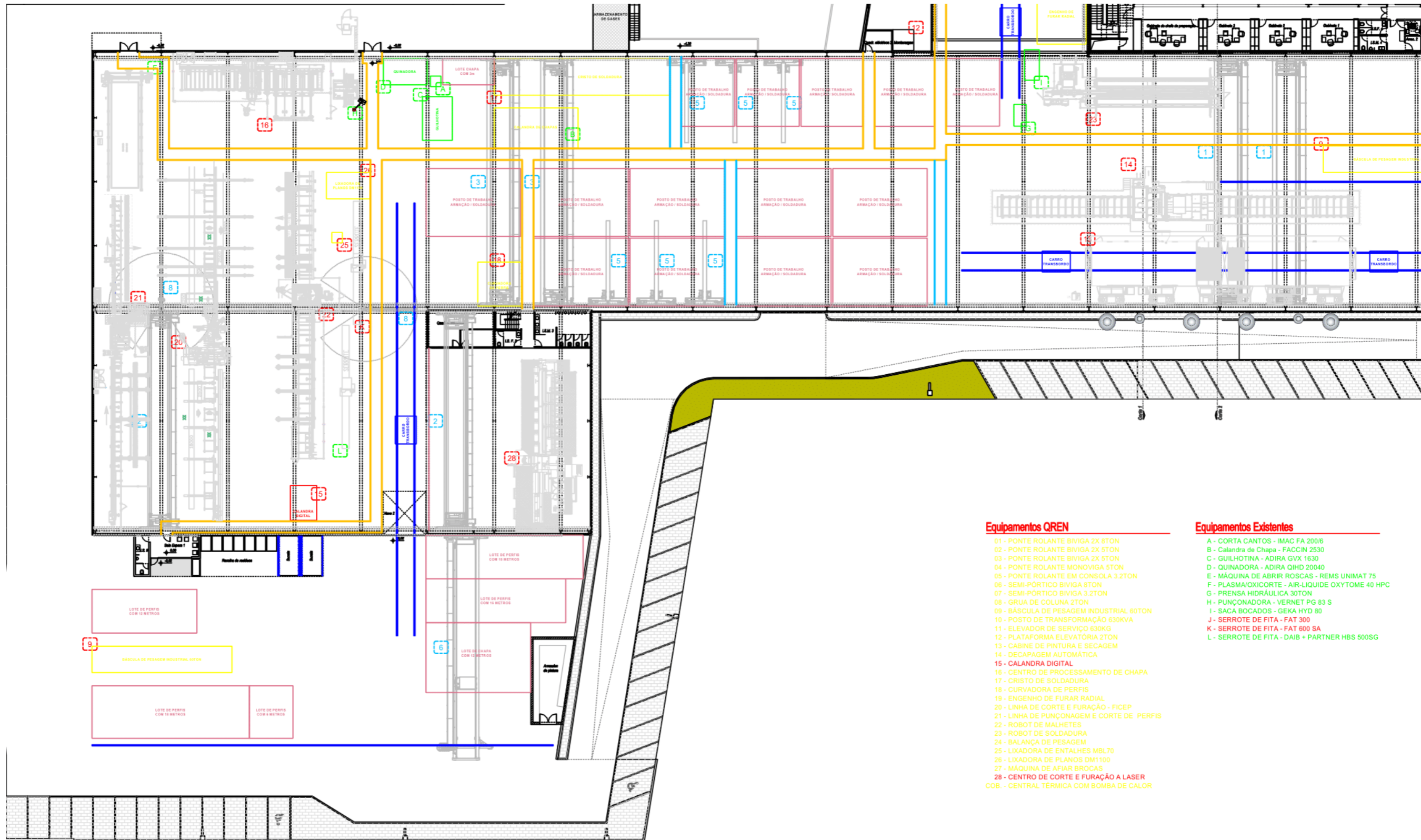
Anexo B

Fluxograma de metodologia do planeamento da produção



Anexo C

Layout da produção da Poço – Equipamentos Industriais, S.A.



Equipamentos QREN

- 01 - PONTE ROLANTE BIVIGA 2X 8TON
- 02 - PONTE ROLANTE BIVIGA 2X 5TON
- 03 - PONTE ROLANTE BIVIGA 2X 5TON
- 04 - PONTE ROLANTE MONOVIGA 5TON
- 05 - PONTE ROLANTE EM CONSOLA 3.2TON
- 06 - SEMI-PÓRTICO BIVIGA 8TON
- 07 - SEMI-PÓRTICO BIVIGA 3.2TON
- 08 - GRUA DE COLUNA 2TON
- 09 - BÁSCULA DE PESAGEM INDUSTRIAL 60TON
- 10 - POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 630KVA
- 11 - ELEVADOR DE SERVIÇO 630KG
- 12 - PLATAFORMA ELEVATÓRIA 2TON
- 13 - CABINE DE PINTURA E SECAGEM
- 14 - DECAPAGEM AUTOMÁTICA
- 15 - CALANDRA DIGITAL
- 16 - CENTRO DE PROCESSAMENTO DE CHAPA
- 17 - CRISTO DE SOLDADURA
- 18 - CURVADORA DE PERFIS
- 19 - ENGENHO DE FURAR RADIAL
- 20 - LINHA DE CORTE E FURAÇÃO - FICFP
- 21 - LINHA DE PUNÇONAGEM E CORTE DE PERFIS
- 22 - ROBOT DE MALHETES
- 23 - ROBOT DE SOLDADURA
- 24 - BALANÇA DE PESAGEM
- 25 - LIXADORA DE ENTALHES MBL70
- 26 - LIXADORA DE PLANOS DM1100
- 27 - MÁQUINA DE AFIAR BROCAS
- 28 - CENTRO DE CORTE E FURAÇÃO A LASER
- COB - CENTRAL TERMICA COM BOMBA DE CALOR

Equipamentos Existentes

- A - CORTA CANTOS - IMAC FA 200/6
- B - Calandra de Chapa - FACCIN 2530
- C - GUILHOTINA - ADIRA GVX 1630
- D - QUINADORA - ADIRA QIHD 20040
- E - MÁQUINA DE ABRIR ROSCAS - REMS UNIMAT 75
- F - PLASMA/OXICORTE - AIR-LIQUIDE OXYTOME 40 HPC
- G - PRENSA HIDRÁULICA 30TON
- H - PUNÇONADORA - VERNET PG 83 S
- I - SACA BOCADOS - GEKA HYD 80
- J - SERROTE DE FITA - FAT 300
- K - SERROTE DE FITA - FAT 600 SA
- L - SERROTE DE FITA - DAIB + PARTNER HBS 500SG

Anexo D

Limites de máquinas e tecnologias de corte

CORTE DE CHAPA

| Máquina | Dimensão máxima da chapa (m) | Tecnologia de corte | Qualidade do material | Especificações da máquina |
|-----------------------------------|------------------------------|--|------------------------|---|
| Vernet MagB 620 | 7,5 x 2,1 | Corte por plasma de alta-definição e Furação por arranque de apara | Ferro e Aço inoxidável | <p>Esta tecnologia permite que a máquina cortar e furar chapas com espessuras entre 3 a 40 mm (ferro) e 5 a 20 mm (aço inoxidável). Para chapas com espessuras até 15 mm o diâmetro do furo deve ser superior à espessura da chapa.</p> <p>Os furos são realizados por arranque de apara o que permite um bom acabamento, podendo ser utilizada broca ou punção. A máquina apenas consegue fazer furos com diâmetro entre 4,25 e 50 mm sendo estes os diâmetros das brocas utilizáveis.</p> |
| Air-Liquide Oxytome 40 HPC | 12 x 3 | Corte e furação por autogéneo (oxi-corte) | Ferro | Com esta tecnologia a máquina pode cortar chapas com espessuras entre 25 e 120 mm sendo apenas possível utilizar corte térmico. Dado que os furos são feitos por oxi-corte e não com broca o seu acabamento é imperfeito. |
| | | Corte e furação por plasma de alta-definição | Ferro e Aço inoxidável | <p>Com esta tecnologia a máquina pode cortar chapas com espessura máxima de 20 mm para os materiais ferro e aço inoxidável.</p> <p>Para corte de inox deve ser utilizado o azoto como gás. Dado que os furos são feitos por plasma de alta-definição e não com broca o seu acabamento é imperfeito.</p> |
| Guilhotina GVX1630 | 3 x 0,9 (com batente) | Punção | Ferro e Aço inoxidável | Esta máquina é utilizada na empresa apenas para corte de ferro e permite cortar chapas com espessuras entre 1 e 12 mm. A guilhotina tem 3 metros de largura e o batente 900 mm, sendo que a largura da peça pode ser até 2 metros mas fica sem batente. |
| Guilhotina SM1330 | 3 x 1,5 | Punção | Aço inoxidável | Esta máquina é utilizada na empresa apenas para corte de aço inoxidável e permite cortar chapas com espessuras entre 1 e 16 mm. A guilhotina tem 3 metros de largura e o batente 1,5 metros. |

CORTE DE BARRA, VARÃO, TUBO, PERFIL E VIGAS

| Máquina | Dimensão máxima do material (largura x comprimento, em mm) | Material | Tecnologia de corte | Descrição |
|------------------------|---|---|--|--|
| Vernet MAPS 456 | 12000 x 160 | Perfis em “H” | Corte por cisalhamento e furação por arranque de apara | |
| | 12000 x 300 | Perfis em “I” | | |
| | 12000 x 180 | Perfis em “U” | | |
| | 12000 x 150 | Cantoneiras | | |
| | 12000 x 300 | Barra | | |
| Vernet HD900 | 12000 x 500 | Perfis | Corte por cisalhamento | Esta máquina permite cortar por cisalhamento e furar por arranque de para com brocas HSH. Não tem eixo xx o que faz com que não seja possível fazer rasgos nem malhetes nas peças, apenas furações. Esta máquina permite cortar peças com ângulos até 60°. |
| | | | Furação por arranque de apara | |
| FICEP 1003DEB | 16000 x 1000 | Todo o tipo de perfis, exceto tubos e cantoneiras | Corte por serra | Esta máquina tem eixo xx o que faz com que seja possível fazer furos e rasgos nas peças, no entanto, não faz malhetes. Esta máquina permite cortar peças com ângulos até 60°. A vantagem desta máquina face aos serrotes é a realização de furos nas peças além do corte. |
| | | | Furação por arranque de apara | |
| Vernet RD1000 | 12000 x 1000 | Todo o tipo de perfis | Oxi-corte (corte oxiacetileno) | Esta máquina permite fazer malhetes nas peças, ou seja, geometrias nas peças que outras máquinas não permitem. |

| | | | | |
|--------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|
| | | | Furação por arranque de apara | |
| Serrote automático 370A | 370 mm (largura) | Cantoneira, barra, varão e tubo | Corte por serra | Esta máquina permite cortar peças com ângulos até 60°. |
| Serrote manual HB 500 | 500 mm (largura) | Cantoneira, barra, varão e tubo | Corte por serra | Esta máquina permite cortar peças com ângulos até 60°. |


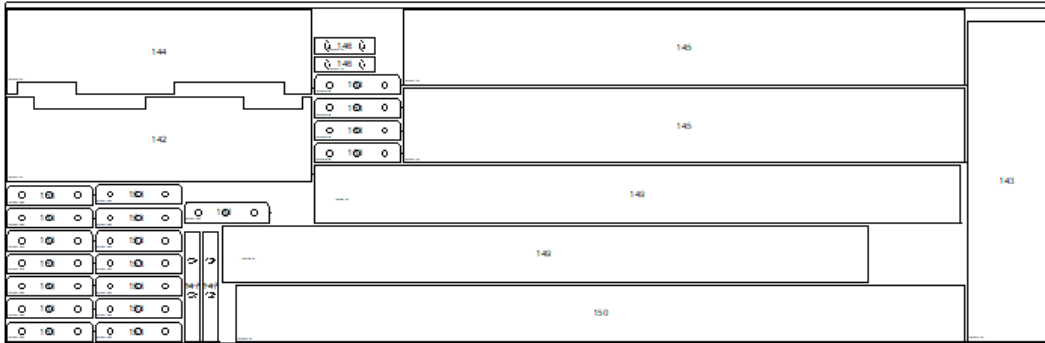
CORTE DE CANTONEIRAS E TUBOS (FORMA DO MATERIAL)

| Máquina | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---|-------------|
| Máquina | Tecnologia de corte | Comprimento máximo de entrada (m) | Comprimento máximo de saída (m) | Ø máximo (mm) | Descrição | |
| Centro de Laser Trumpf 7000 | Laser | 9 | 6,5 | 200 | Tubo quadrado | |
| | | | | 282 | Tubo circular com espessuras entre 0,5 e 8 mm | |
| | | | | Varia conforme a espessura | Cantoneiras com dimensões mínimas de 30x30 mm | |
| QUALIDADE DO MATERIAL | | | | | | |
| Máquina | Material | Comprimento máximo (mm) | Largura / Ø máximo (mm) | Espessura máxima (mm) | Largura / Ø mínimos (mm) | Observações |
| | Ferro | 6000 | 250 | 8 | 20 | |

| | | | | | | |
|--|----------------|------|------|---|----|---|
| Centro de Laser Trumpf 7000 | Aço inoxidável | 6000 | Ø250 | 4 | 20 | A máquina não corta os últimos 150 mm do perfil dado que necessita de espaço para agarrar a peça. |
| | Alumino | 6000 | Ø250 | 3 | 20 | A máquina não corta os últimos 150 mm do perfil dado que necessita de espaço para agarrar a peça. O acabamento que se obtém em peças de alumínio é de baixa qualidade. |

Anexo E

(i) Programa CNC 2829 e (ii) peças cortadas na respetiva chapa

| | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|------------------|
|  | Ref | 08S | | | Quantidade 1 | |
| | Trabalho | OB 2635.02-JOBJOB001132001132 | | | | |
| | CNC | 2823 | 6000 | x 2000 | x 30 | 13/05/2021 |
| | Dado de utilizador 3 | | | | | 11:14:43.00 |
|  | | | | | | |
| Máquina | Vernet Behringer MAG B CD | | Peso | 2826 kg | | |
| Material | S275JR | | X | 5993 | | |
| Tempo total | 00:54:49.00 | | Y | 1965 | | |
| Dado de utilizador 1 | | | Aproveitamento (%) | 85.434 | | |
| Dado de utilizador 2 | | | Retalho (%) | 88.088 | 96.987 | |
| # | Referência | Chapa | Total | Faltam | Peso | Dimensões |
| 147 | DEPA114 X2 | 2 | 2 | 0 | 12.912 | 640 x 90 |
| 142 | DEPA110 X1 | 1 | 1 | 0 | 187.484 | 1750 x 493 |
| 144 | DEPA119 X1 | 1 | 1 | 0 | 187.484 | 1750 x 493 |
| 150 | DEPA109 X2 | 1 | 2 | 0 | 325.47 | 4188 x 330 |
| 149 | DEPA95 X2 | 2 | 2 | 0 | 288.556 | 3713 x 330 |
| 148 | DEPA115 X2 | 2 | 2 | 0 | 6.554 | 340 x 90 |
| 145 | DEPA125 X2 | 2 | 2 | 0 | 334.174 | 3225 x 440 |
| 143 | DEPA121 X1 | 1 | 1 | 0 | 196.495 | 1875 x 445 |
| 153 | DEPA283 X64 | 19 | 66 | 0 | 12.265 | 489.93 x 115 |

(i) Folha do programa CNC 2829 devolvida pelo Lantek

| Peças | Perímetro de corte (mm) | Nº de peças | Nº de furos | Nº Caracteres | Cortes Internos |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| DEPA283_X64 | 1189 | 19 | 3 | 10 | |
| DEPA114_X2 | 1460 | 2 | 2 | 9 | 140 |
| DEPA110_X1 | 5158 | 1 | 0 | 9 | |
| DEPA119_X1 | 4758 | 1 | 0 | 9 | |
| DEPA109_X2 | 9036 | 1 | 0 | 9 | |
| DEPA95_X2 | 8086 | 2 | 0 | 8 | |
| DEPA115_X2 | 860 | 2 | 2 | 9 | 140 |
| DEPA125_X2 | 7330 | 2 | 0 | 9 | |
| DEPA121_X1 | 4640 | 1 | 0 | 9 | |

(ii) Peças cortadas no programa CNC 2829

Anexo F

Velocidade de corte de chapas por espessura

| Espessura (mm) | Velocidade de corte (m/min) | Delay (s) |
|-----------------------|------------------------------------|------------------|
| 1 | 7 | 0 |
| 2 | 5,5 | 0 |
| 3 | 5,5 | 0 |
| 4 | 3,2 | 0 |
| 5 | 2,8 | 0 |
| 6 | 3 | 0 |
| 8 | 3,4 | 0 |
| 10 | 2,4 | 0 |
| 12 | 2 | 0 |
| 15 | 1,4 | 0 |
| 16 | 1,4 | 0 |
| 20 | 0,38 | 15 |
| 25 | 0,34 | 15 |
| 30 | 0,37 | 15 |
| 40 | 0,29 | 15 |
| 50 | 0,26 | 15 |
| 60 | 0,24 | 15 |
| 80 | 0,21 | 15 |
| 100 | 0,21 | 15 |
| 120 | 0,17 | 15 |

Anexo G

Dados de tempos produtivos e não produtivos das máquinas Vernet MagB 620 e Air-Liquide Oxytome 40 HPC entre 27/07/2022 e 05/08/2022

Máquina: Vernet MagB 620

| Dia 1 | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:20 | 20 | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 07:20 | 07:40 | 20 | 50% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 40 | 07:40 | 08:40 | 60 | 67% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 20 | 08:40 | 09:09 | 30 | 67% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 360 | 09:09 | 19:01 | 567 | 63% |
| 216 | Não produtivo | | | 19:00 | 20:00 | 60 | |
| Dia 2 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 66 | 07:07 | 08:21 | 67,2 | 98% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:21 | 08:33 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 258 | 08:33 | 16:07 | 440,4 | 59% |
| 216 | Não produtivo | | | 16:07 | 16:45 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 120 | 16:45 | 19:00 | 149,4 | 80% |
| | | Corte de chapa | | 07:30 | 08:08 | | |
| Dia 3 | | | | | | | |

| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Início | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| 216 | Não produtivo | | | 08:08 | 08:29 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 198 | 08:29 | 13:00 | 321 | 62% |
| | | Corte de chapa | | 14:00 | 14:51 | | |
| 216 | Não produtivo | | | 14:51 | 15:30 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 20 | 15:30 | 15:50 | 20 | 100% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 30 | 15:50 | 16:57 | 83,6 | 36% |
| Dia 4 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Início | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:41 | 41 | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 07:41 | 08:40 | 59 | 76% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 08:44 | 09:40 | 56 | 80% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 09:40 | 10:45 | 60 | 75% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 10:45 | 11:41 | 56 | 80% |
| 216 | Não produtivo | | | 11:41 | 13:00 | 74 | |
| Dia 5 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Início | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 08:00 | 09:02 | 62 | 97% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 09:10 | 10:20 | 66 | 91% |

| 216 | Não produtivo | | | 10:20 | 12:00 | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 12:54 | 13:36 | 42 | 143% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 13:36 | 14:48 | 66,6 | 90% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 14:48 | 15:44 | 56 | 18% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 15:44 | 16:05 | 21 | 48% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 16:05 | 16:19 | 14 | 71% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 16:19 | 16:26 | 7 | 143% |
| 216 | Não produtivo | | | 16:26 | 16:54 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 16:54 | 17:04 | 10 | 100% |
| 216 | Não produtivo | | | 17:04 | 17:55 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 17:55 | 19:05 | 71 | 85% |
| Dia 6 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 07:00 | 08:24 | 74,4 | 81% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:24 | 08:34 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 08:34 | 09:34 | 60 | 100% |
| 216 | Não produtivo | | | 09:34 | 10:41 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 10:41 | 11:19 | 38 | 158% |
| 216 | Não produtivo | | | 11:19 | 11:32 | | |

| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 11:32 | 12:28 | 56 | 80% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| 216 | Não produtivo | | | 12:28 | 12:42 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 12:42 | 13:32 | 59 | 76% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 25 | 14:37 | 15:07 | 30 | 83% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 15:07 | 16:21 | 68,4 | 88% |
| 216 | Não produtivo | | | 16:21 | 16:41 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 25 | 16:41 | 17:53 | 67,2 | 37% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 17:55 | 18:40 | 45 | 100% |
| 216 | Não produtivo | | | 18:40 | 18:59 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 18:59 | 20:31 | 80,4 | 56% |
| Dia 7 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:43 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 30 | 07:43 | 08:04 | 21 | 143% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:04 | 08:10 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 40 | 08:10 | 08:50 | 40 | 100% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:50 | 09:01 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 78 | 09:01 | 10:03 | 61,2 | 127% |
| 216 | Não produtivo | | | 10:03 | 10:29 | | |

| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 10:29 | 11:27 | 58 | 78% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| 216 | Não produtivo | | | 11:27 | 11:55 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 11:55 | 12:48 | 53 | 85% |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 13:55 | 15:34 | 83,4 | 72% |
| 216 | Não produtivo | | | 15:34 | 15:45 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | | 15:45 | 16:48 | | |
| 216 | Não produtivo | | | 16:48 | 16:52 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 16:52 | 17:49 | 57 | 79% |
| 216 | Não produtivo | | | 17:49 | 18:03 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 25 | 18:03 | 18:24 | 21 | 119% |
| 216 | Não produtivo | | | 18:24 | 18:57 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 10 | 18:57 | 19:09 | 12 | 83% |
| 216 | Não produtivo | | | 19:09 | 19:30 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 15 | 19:30 | 19:37 | 7 | 214% |
| Dia 8 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:13 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 07:13 | 08:11 | 58 | 78% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:11 | 08:29 | | |

| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 08:29 | 09:20 | 51 | 118% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|---------------------|----------------|
| 216 | Não produtivo | | | 09:20 | 09:31 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 60 | 09:31 | 10:37 | 63,6 | 94% |
| 216 | Não produtivo | | | 10:37 | 10:42 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 10:42 | 11:50 | 64,8 | 69% |
| 216 | Não produtivo | | | 11:50 | 17:28 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 17:28 | 18:23 | 55 | 82% |
| 216 | Não produtivo | | | 18:23 | 18:43 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 18:43 | 19:32 | 49 | 92% |
| 216 | Não produtivo | | | 19:32 | 19:45 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 19:45 | 20:30 | 45 | |
| Dia 9 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo (min) | Eficiência (%) |
| 216 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:36 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 07:36 | 08:23 | 47 | 96% |
| 216 | Não produtivo | | | 08:23 | 08:51 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 08:51 | 09:57 | 63,6 | 71% |
| 216 | Não produtivo | | | 09:57 | 10:05 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 10:05 | 11:05 | 60 | 75% |

| | | | | | | | |
|-----|---------------|----------------|----|-------|-------|------|------|
| 216 | Não produtivo | | | 11:05 | 11:16 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 5 | 11:16 | 11:30 | 14 | 36% |
| 216 | Não produtivo | | | 11:30 | 11:45 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 11:45 | 12:29 | 44 | 102% |
| 216 | Não produtivo | | | 12:29 | 12:40 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 12:40 | 13:35 | 55 | 82% |
| 216 | Não produtivo | | | 14:00 | 15:00 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 78 | 15:00 | 16:38 | 82,2 | 95% |
| 216 | Não produtivo | | | 16:38 | 17:00 | | |
| 216 | Produtivo | Corte de chapa | 45 | 17:00 | 18:00 | 60 | 75% |

Máquina: Air-Liquide Oxytome 40 HPC

| Dia 1 | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|--------------------|----------------|
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | | Não produtivo | | 07:00 | 08:55 | 55 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 30 | 08:55 | 09:43 | 48 | 63% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 60 | 09:43 | 10:47 | 84 | 71% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 10:47 | 11:34 | 47 | 85% |
| 1208 | | Não produtivo | | 11:34 | 12:07 | 33 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 50 | 12:07 | 14:00 | 92 | 54% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 30 | 14:00 | 14:41 | 41 | 73% |
| 1208 | | Não produtivo | | 14:41 | 14:56 | 15 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 45 | 14:56 | 15:48 | 52 | 87% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 50 | 15:48 | 16:46 | 57 | 88% |
| 1208 | | Não produtivo | | 16:46 | 17:00 | 14 | |
| Dia 2 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 08:00 | 08:26 | 26 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 50 | 08:26 | 09:27 | 60 | 83% |

| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 09:28 | 10:17 | 49 | 82% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|--------------------|----------------|
| 1208 | Não produtivo | | | 10:17 | 10:51 | 40 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 45 | 10:51 | 12:02 | 66 | 68% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 45 | 12:02 | 13:00 | 60 | 75% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 15 | 14:17 | 14:29 | 12 | 125% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 14:29 | 14:55 | 26 | 38% |
| 1208 | Não produtivo | | | 14:55 | 15:14 | 19 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 15:14 | 15:24 | 10 | 100% |
| 1208 | Não produtivo | | | 15:24 | 15:51 | 27 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 30 | 15:51 | 16:49 | 58 | 52% |
| 1208 | Não produtivo | | | 16:49 | 17:00 | 11 | |
| Dia 3 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 07:00 | 07:21 | 68 | 59% |
| 1208 | Não produtivo | Corte de Chapa | | 07:21 | 08:34 | 73 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 08:34 | 10:10 | 82 | 49% |
| 1208 | Não produtivo | | | 10:10 | 10:30 | 20 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 10:30 | 11:39 | 65 | 62% |
| 1208 | Não produtivo | | | 11:39 | 13:00 | 79 | |

| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 15 | 14:00 | 14:15 | 19 | 79% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|--------------------|----------------|
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 72 | 14:15 | 16:34 | 109 | 66% |
| Dia 4 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 07:00 | 09:50 | 150 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 09:50 | 10:50 | 60 | 33% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 10:50 | 11:11 | 21 | 95% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 11:11 | 12:00 | 49 | 41% |
| Dia 5 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 07:10 | 07:34 | 24 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 07:34 | 08:00 | 25 | 80% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 08:00 | 08:36 | 36 | 56% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 08:36 | 11:34 | 154,8 | 13% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 11:34 | 11:57 | 23 | 87% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 11:57 | 12:37 | 40 | 50% |
| 1208 | Não produtivo | Corte de Chapa | | 13:30 | 14:30 | 60 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 14:36 | 15:10 | 34 | 59% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 15:10 | 16:49 | 84 | 48% |

| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 16:49 | 17:01 | 12 | 83% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|--------------------|----------------|
| Dia 6 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 07:00 | 08:24 | 74 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 08:24 | 09:04 | 40 | 100% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 09:04 | 10:10 | 74 | 27% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 40 | 10:10 | 10:53 | 43 | 93% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 20 | 10:53 | 12:30 | 154,8 | 13% |
| | | | | 13:30 | 14:00 | | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 60 | 14:00 | 15:00 | 60 | 100% |
| 1208 | Não produtivo | | | 15:00 | 15:54 | 54 | 0% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 35 | 15:54 | 16:29 | 35 | 100% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 78 | 16:29 | 18:36 | 124 | 63% |
| Dia 7 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:34 | 34 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 30 | 07:31 | 08:41 | 64,2 | 47% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 45 | 08:41 | 09:41 | 60 | 75% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 09:41 | 10:00 | 19 | 53% |

| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 90 | 10:00 | 12:00 | 120 | 75% |
|--------------|---------------|----------------|----------------------|-------------|----------|--------------------|----------------|
| 1208 | Não produtivo | | | 12:00 | 12:30 | 30 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 120 | 13:30 | 15:30 | 120 | 100% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 120 | 15:30 | 18:00 | 150 | 80% |
| Dia 8 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 45 | 08:00 | 10:44 | 60 | 75% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 25 | 10:44 | 11:13 | 29 | 86% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 15 | 11:13 | 11:41 | 35 | 43% |
| 1208 | Não produtivo | Corte de Chapa | | 11:41 | 12:00 | 19 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 12:00 | 12:19 | 19 | 53% |
| 1208 | Não produtivo | Corte de Chapa | | 12:19 | 12:30 | 20 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 70 | 13:30 | 17:30 | 300 | 23% |
| 1208 | Não produtivo | Corte de Chapa | | 17:30 | 18:00 | 30 | |
| Dia 9 | | | | | | | |
| Operador | Tipo | Operação | Tempo estimado (min) | Hora Inicio | Hora Fim | Tempo efetivo(min) | Eficiência (%) |
| 1208 | Não produtivo | | | 07:00 | 07:26 | 26 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 10 | 07:26 | 09:39 | 127,8 | 8% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 25 | 09:39 | 10:09 | 30 | 83% |

| | | | | | | | |
|------|---------------|----------------|-----|-------|-------|-------|------|
| 1208 | Não produtivo | | | 10:09 | 11:42 | 92 | |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 75 | 11:42 | 12:34 | 52 | 144% |
| 1208 | Não produtivo | | | 13:30 | 14:17 | 47 | 0% |
| 1208 | Produtivo | Corte de Chapa | 120 | 14:17 | 17:00 | 190,2 | 63% |

Anexo H

Tempos teóricos de corte de perfis do tipo HEA e UPN para as máquinas Vernet HD 900, Ficep e serrote HB500

| Perfil | Área (cm ²) | Vernet HD900 | | Ficep | | Serrote HB500 | |
|---------------|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | | Tempo / corte (s) | Tempo / peça (s) | Tempo / corte (s) | Tempo / peça (s) | Tempo / corte (s) | Tempo / peça (s) |
| UPN80 | 11 | 38,79 | 77,57 | 7,83 | 15,67 | 50,09 | 100,18 |
| UPN100 | 13,5 | 48,05 | 96,10 | 12,79 | 25,59 | 61,93 | 123,87 |
| UPN120 | 17 | 61,02 | 122,05 | 19,74 | 39,48 | 78,52 | 157,03 |
| UPN140 | 20,4 | 73,62 | 147,25 | 26,49 | 52,97 | 94,63 | 189,25 |
| UPN160 | 24 | 86,97 | 173,93 | 33,63 | 67,26 | 111,68 | 223,36 |
| UPN180 | 28 | 101,79 | 203,58 | 41,57 | 83,13 | 130,63 | 261,27 |
| UPN200 | 32,2 | 117,36 | 234,71 | 49,90 | 99,80 | 150,53 | 301,07 |
| UPN220 | 37,4 | 136,63 | 273,26 | 60,22 | 120,43 | 175,17 | 350,34 |
| UPN240 | 42,3 | 154,79 | 309,58 | 69,94 | 139,88 | 198,39 | 396,78 |
| UPN260 | 48,3 | 177,02 | 354,05 | 81,84 | 163,69 | 226,82 | 453,63 |
| UPN280 | 53,3 | 195,55 | 391,11 | 91,77 | 183,53 | 250,51 | 501,01 |
| UPN300 | 58,8 | 215,94 | 431,88 | 102,68 | 205,36 | 276,56 | 553,13 |
| UPN320 | 75,8 | 278,94 | 557,88 | 136,41 | 272,82 | 357,11 | 714,22 |
| UPN350 | 77,3 | 284,50 | 569,00 | 139,39 | 278,77 | 364,22 | 728,44 |
| UPN380 | 80,4 | 295,99 | 591,98 | 145,54 | 291,08 | 378,91 | 757,81 |
| UPN400 | 91,5 | 337,13 | 674,26 | 167,56 | 335,12 | 431,50 | 862,99 |
| HEA100 | 21,2 | 76,59 | 153,18 | 28,07 | 56,15 | 98,42 | 196,83 |
| HEA120 | 25,3 | 91,78 | 183,57 | 36,21 | 72,42 | 117,84 | 235,68 |
| HEA140 | 31,4 | 114,39 | 228,78 | 48,31 | 96,62 | 146,74 | 293,49 |
| HEA160 | 38,8 | 141,82 | 283,63 | 62,99 | 125,99 | 181,80 | 363,61 |
| HEA180 | 45,3 | 165,91 | 331,81 | 75,89 | 151,78 | 212,60 | 425,20 |
| HEA200 | 53,8 | 197,41 | 394,82 | 92,76 | 185,52 | 252,87 | 505,75 |
| HEA220 | 64,3 | 236,32 | 472,64 | 113,59 | 227,18 | 302,62 | 605,25 |
| HEA240 | 76,8 | 282,65 | 565,30 | 138,39 | 276,79 | 361,85 | 723,70 |
| HEA260 | 86,6 | 318,97 | 637,94 | 157,84 | 315,68 | 408,28 | 816,56 |
| HEA280 | 97,3 | 358,62 | 717,25 | 179,07 | 358,14 | 458,98 | 917,96 |
| HEA300 | 112,5 | 414,96 | 829,91 | 209,23 | 418,46 | 531,00 | 1061,99 |
| HEA320 | 124,4 | 459,06 | 918,12 | 232,84 | 465,68 | 587,38 | 1174,75 |
| HEA340 | 133,5 | 492,78 | 985,57 | 250,90 | 501,80 | 630,49 | 1260,99 |

| | | | | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|
| HEA360 | 142,8 | 527,25 | 1054,50 | 269,35 | 538,70 | 674,56 | 1349,11 |
| HEA400 | 159 | 587,29 | 1174,58 | 301,50 | 602,99 | 751,31 | 1502,62 |
| HEA450 | 178 | 657,71 | 1315,41 | 339,20 | 678,39 | 841,33 | 1682,67 |
| HEA500 | 197,5 | 729,97 | 1459,95 | 377,89 | 755,78 | 933,73 | 1867,45 |
| HEA550 | 211,8 | 782,97 | 1565,94 | 406,26 | 812,52 | 1001,48 | 2002,96 |
| HEA600 | 226,5 | 837,45 | 1674,90 | 435,43 | 870,86 | 1071,13 | 2142,25 |

Anexo I

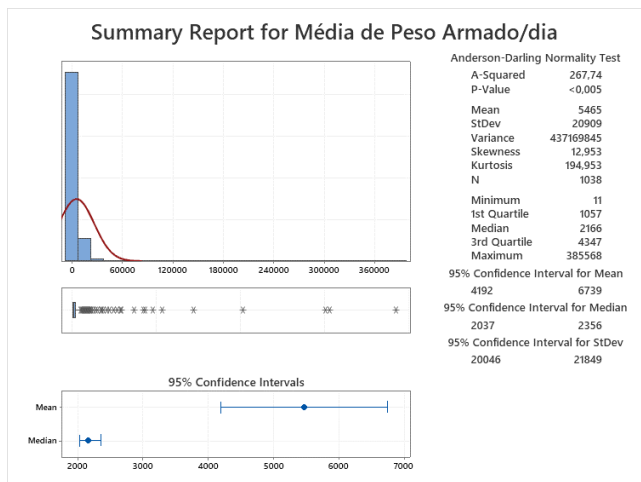
Tempos de furação por diâmetro do furo

| Diâmetro (mm) | Velocidade de corte (mm/min) | Incremento (mm/min) | Rotação (rpm) | Tempo (s) |
|----------------------|---|--------------------------------|----------------------|------------------|
| 8 | 80 | 0,03 | 3183 | 18 |
| 9 | 80 | 0,03 | 2830 | 20 |
| 10 | 80 | 0,03 | 2547 | 23 |
| 11 | 80 | 0,03 | 2315 | 25 |
| 12 | 80 | 0,04 | 2122 | 20 |
| 13 | 80 | 0,04 | 1959 | 22 |
| 14 | 80 | 0,04 | 1819 | 24 |
| 15 | 80 | 0,04 | 1698 | 26 |
| 16 | 80 | 0,06 | 1592 | 18 |
| 17 | 80 | 0,06 | 1498 | 19 |
| 18 | 80 | 0,06 | 1415 | 20 |
| 19 | 80 | 0,08 | 1340 | 16 |
| 20 | 80 | 0,08 | 1273 | 17 |
| 21 | 80 | 0,08 | 1213 | 18 |
| 22 | 80 | 0,08 | 1158 | 19 |
| 23 | 80 | 0,08 | 1107 | 20 |
| 24 | 80 | 0,08 | 1061 | 20 |
| 25 | 80 | 0,08 | 1019 | 22 |
| 26 | 100 | 0,08 | 1224 | 18 |
| 27 | 100 | 0,08 | 1179 | 19 |
| 28 | 100 | 0,08 | 1137 | 19 |
| 29 | 100 | 0,08 | 1098 | 20 |
| 30 | 100 | 0,08 | 1061 | 20 |
| 31 | 100 | 0,08 | 1027 | 21 |
| 32 | 100 | 0,08 | 995 | 22 |
| 33 | 100 | 0,08 | 965 | 23 |
| 34 | 100 | 0,08 | 936 | 23 |
| 35 | 100 | 0,08 | 909 | 24 |
| 36 | 100 | 0,08 | 884 | 25 |
| 37 | 100 | 0,08 | 860 | 25 |

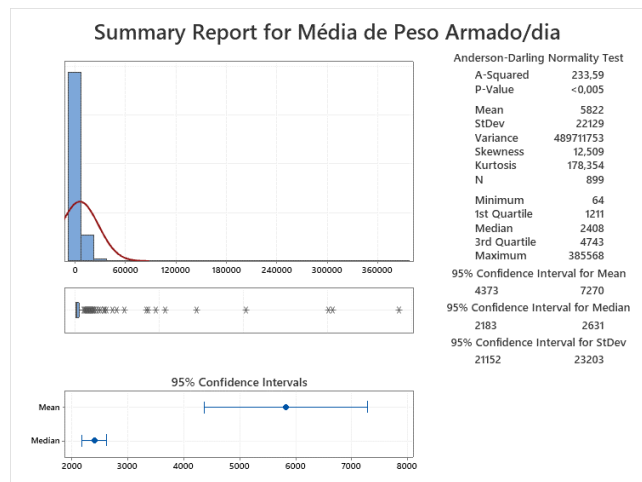
| | | | | |
|-----------|-----|------|-----|----|
| 38 | 100 | 0,08 | 838 | 26 |
| 39 | 100 | 0,08 | 816 | 26 |
| 40 | 100 | 0,08 | 796 | 28 |
| 41 | 100 | 0,08 | 776 | 28 |
| 42 | 100 | 0,08 | 758 | 29 |
| 43 | 100 | 0,08 | 740 | 29 |
| 44 | 100 | 0,08 | 723 | 30 |
| 45 | 100 | 0,08 | 707 | 31 |
| 46 | 100 | 0,08 | 692 | 31 |
| 47 | 100 | 0,08 | 677 | 32 |
| 48 | 100 | 0,08 | 663 | 33 |
| 49 | 100 | 0,08 | 650 | 34 |
| 50 | 100 | 0,08 | 637 | 34 |

Anexo J

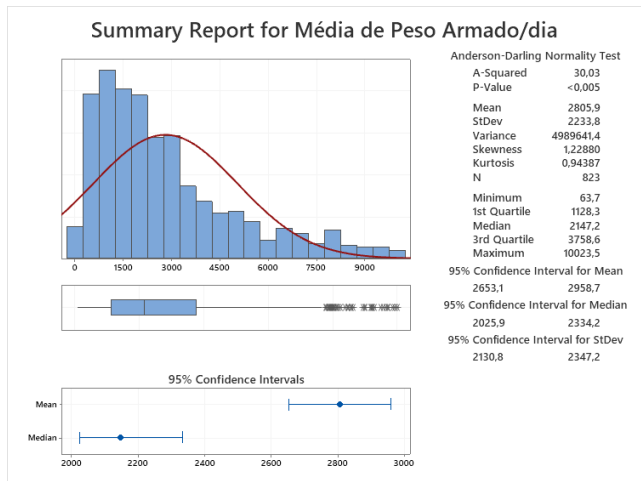
Sumários gráficos de capacidades do processo de armação



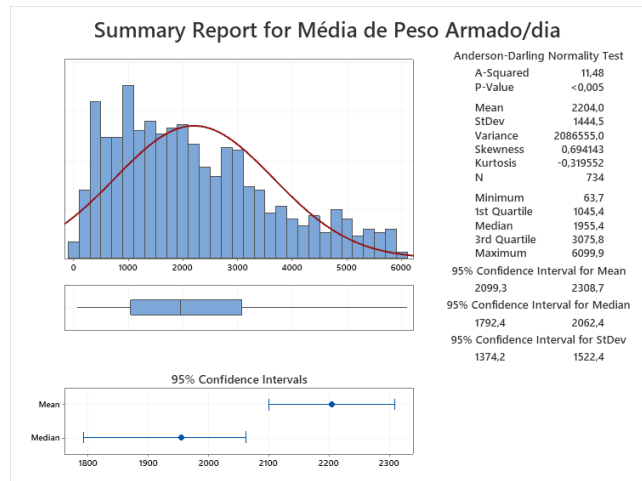
(i) Sumário gráfico de evolução de peso médio armado por dia



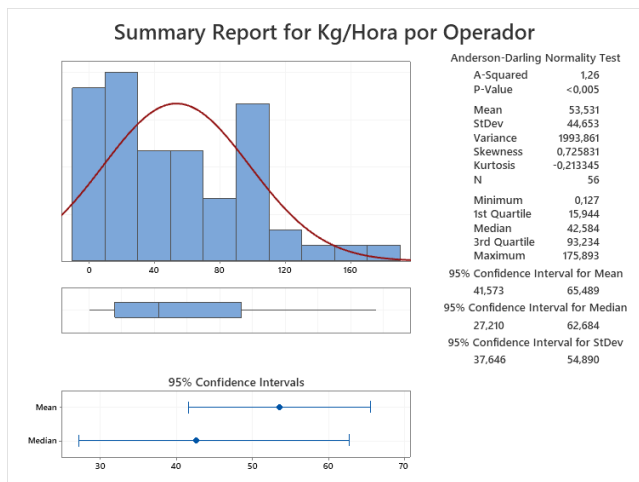
(ii) Sumário gráfico de evolução de peso médio armado por dia excluindo dias de fim de semana



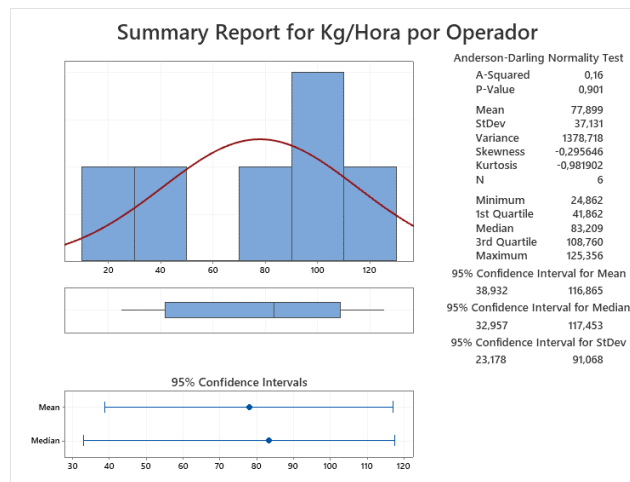
(iii) Sumário gráfico de 1ª análise, sem outliers, de evolução de peso médio armado por dia excluindo dias de fim de semana



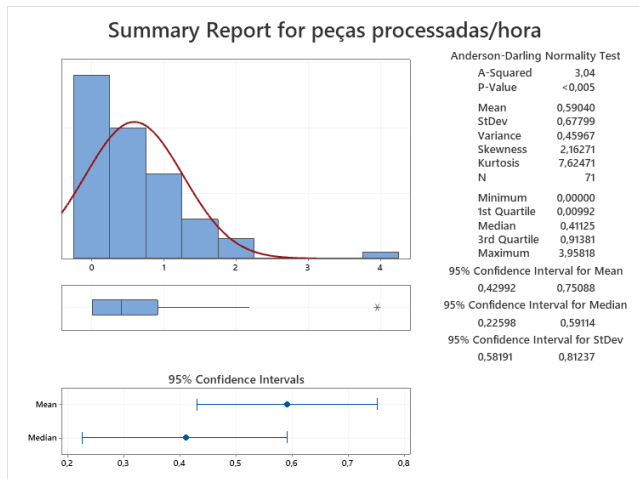
(iv) Sumário gráfico de 5ª análise, sem outliers, de evolução de peso médio armado por dia excluindo dias de fim de semana



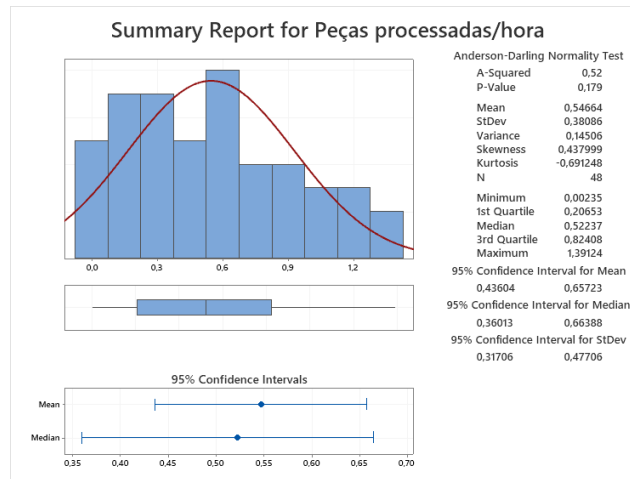
(v) Sumário gráfico de Kg/Hora por Operador



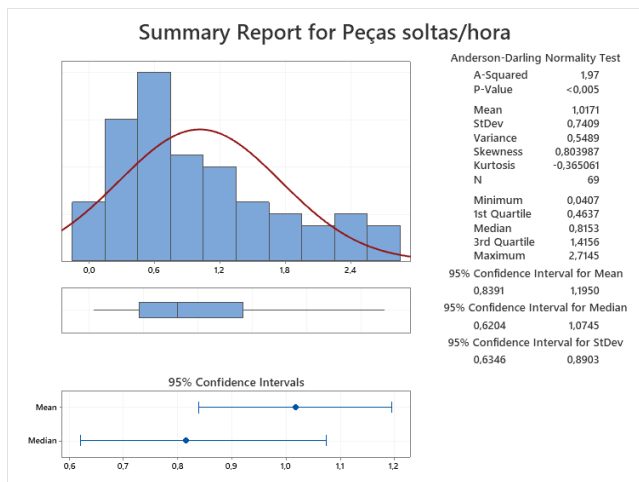
(vi) Sumário gráfico de kg/hora por Operador com experiência



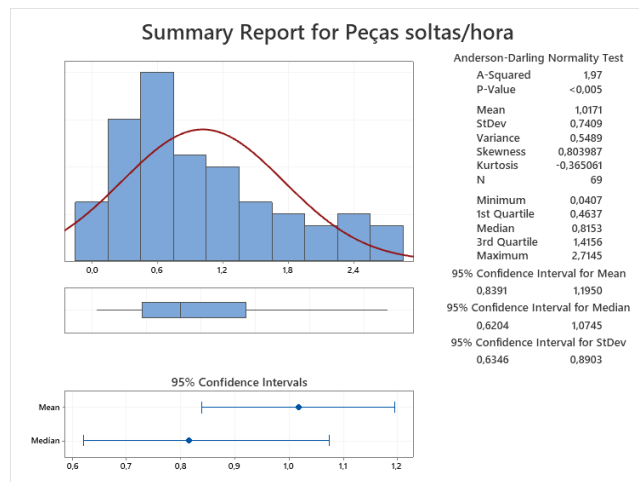
(vii) Sumário gráfico de número de peças processadas por hora



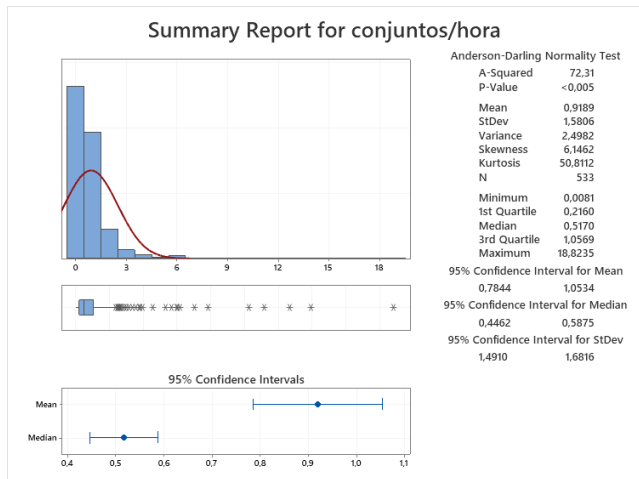
(viii) Sumário gráfico de número de peças processadas por hora sem outliers



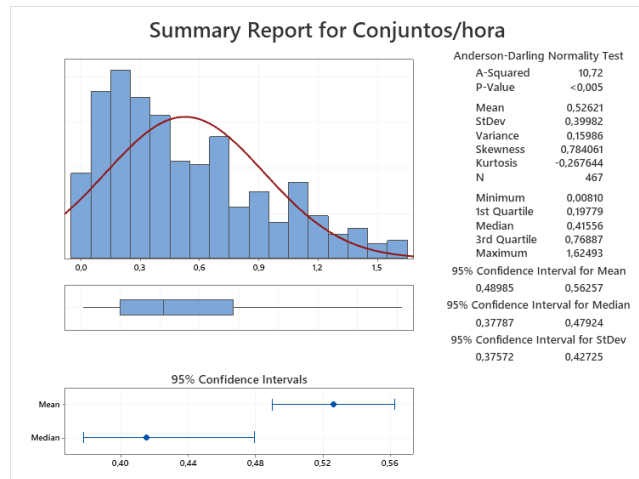
(x) Sumário gráfico de número médio de conjuntos processados por hora, quarta tentativa



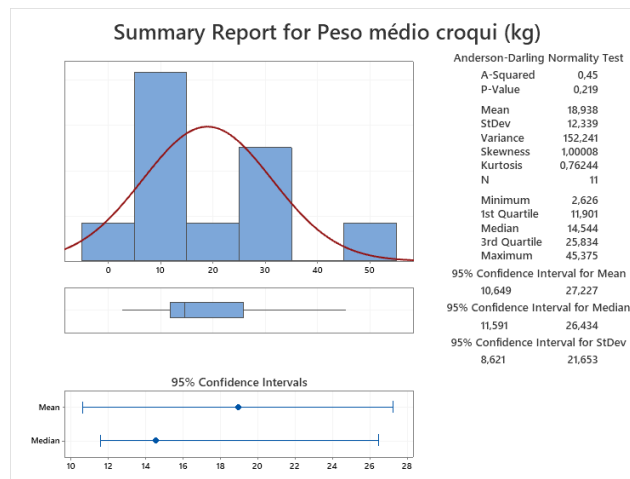
(x) Sumário gráfico de número médio de conjuntos processados por hora, quarta tentativa



(xi) Sumário gráfico de número médio de conjuntos processados por hora



(xii) Sumário gráfico de número médio de conjuntos processados por hora, oitava tentativa



(xiii) Sumário gráfico de peso médio por croqui (kg) para categorias de peso de conjunto de 50 kg

Anexo K

1ª Fase de implementação – Folha de registo de planeamento de produção para máquina do Centro de Maquinação



Planeamento Maquinação

Máquina:

| Semana ____/____/____ - ____/____/____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------|------------------|------|----------------|----------|------------------|---------|----------------|------|------------------|----------|----------------|---------|------------------|------|----------------|-----|------------------|---------|----------------|------|------------------|-----|------|---------|-----|------|--|--|
| 2ª Feira | | | 3ª Feira | | | 4ª Feira | | | 5ª Feira | | | 6ª Feira | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hora | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | Rubrica Chefia | | Rubrica Operador | | | | | | | |
| | PLAN | | | PROD | | | PLAN | | | PROD | | | PLAN | | | PROD | | | PLAN | | | PROD | | | PLAN | | | PROD | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | | | |
| 08:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---------------------------|--------------|
| VALIDAÇÃO CHEFIA * | |
| _____ | _____ |
| (Data) | (Assinatura) |

Anexo L

2ª Fase de implementação – Folha de planeamento de produção para máquinas Microcut Challenger 1500 (fresadora CNC) e Hwacheon Hi-Tech 450AL YMC (torno CNC) do Centro de Maquinação

| Semana 29: 18/7/2022 - 22/7/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--|------------------|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|
| Hora | 2ª Feira 18/07/2022 | | | 3ª Feira 19/07/2022 | | | 4ª Feira 20/07/2022 | | | 5ª Feira 21/07/2022 | | | 6ª Feira 22/07/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2647,01 / 2747,01 | L31964C-1 L31963C-2 L31963C-1 L31964C-2 | 2 2 2 2 | | | | | | | | | | | | |
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

(i) Planeamento da semana 29/2022 da máquina Microcut Challenger 1500

| Semana 30: 25/7/2022 - 29/7/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--|------------------|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|------------------------|---------|-----|
| Hora | 2ª Feira 25/07/2022 | | | 3ª Feira 26/07/2022 | | | 4ª Feira 27/07/2022 | | | 5ª Feira 28/07/2022 | | | 6ª Feira 29/07/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2647,01 / 2747,01 | L31964C-1 L31963C-2 L31963C-1 L31964C-2 | 2 2 2 2 | | | | | 2724,03 | Z31151A | 1 | | | | | |
| 09:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | 2724,03 | B16186A | 2 | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | 2724,03 | Z31154A | 1 | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

(ii) Planeamento da semana 30/2022 da máquina Microcut Challenger 1500

| Semana 31: 1/8/2022 - 5/8/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|-----------|-----|------------------------|----------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|
| Hora | 2ª Feira 01/08/2022 | | | 3ª Feira 02/08/2022 | | | 4ª Feira 03/08/2022 | | | 5ª Feira 04/08/2022 | | | 6ª Feira 05/08/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2724,1 | J15261C | 2 | 2724,08 (FORRAS) | I97542-1 | 2 | | | | | | | | | |
| 09:00 | 2724,02 | A14358A | 4 | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | 2724,08 (FORRAS) | I97593-1 | 2 | 2724,07 | I07631A | 4 | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | 2724,08 (FORRAS) | I97536A-1 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

(iii) Planeamento da semana 31/2022 da máquina Microcut Challenger 1500

| Semana 29: 18/7/2022 - 22/7/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|------------------|-----|
| Hora | 2ª Feira 18/07/2022 | | | 3ª Feira 19/07/2022 | | | 4ª Feira 20/07/2022 | | | 5ª Feira 21/07/2022 | | | 6ª Feira 22/07/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2795,05 | 440-4 | 60 | 2797,03 | JKpd167 | 6 | 2797,07 | JKpy28 | 12 | 2797,07 | JKpy26 | 12 | 2797,07 | JKpy22 | 10 |
| 09:00 | | | | | | | 2797,07 | JKpy27 | 12 | | | | | | |
| 10:00 | 2761,09 | 66-4551-1015 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | 2797,03 | JKpd168 | 1 | 2797,07 | JKpy30 | 12 | 2797,07 | JKpy32 | 12 | | | |
| 12:00 | | | | 2797,07 | 549-4 | 12 | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | 2797,07 | 549-7 | 12 | | | | 2804,01 | JOpn104 / JOpf58 | |
| | | | | | | | | | | | | | 2804,01 | JOpk14 / JOpk24 | |
| | | | | | | | | | | | | | 2804,01 | JOpk22 / JOpk23 | |
| 15:00 | 2797,03 | JKpd165 | 2 | | | | | | | | | | 2804,01 | JOpn45 | |
| | | | | | | | | | | | | | 2804,01 | JOpn113 | |
| | | | | | | | | | | | | | | JOpn54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | JOpn65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | JOpn66 | |
| | | | | | | | | | | | | | | JOpn63 | |
| 16:00 | | | | 2797,07 | JKpy28 | 12 | | | | 2797,07 | JKpy22 | 2 | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

(iv) Planeamento da semana 29/2022 da máquina Hwacheon Hi-Tech 450AL YMC



Planeamento Maquinação

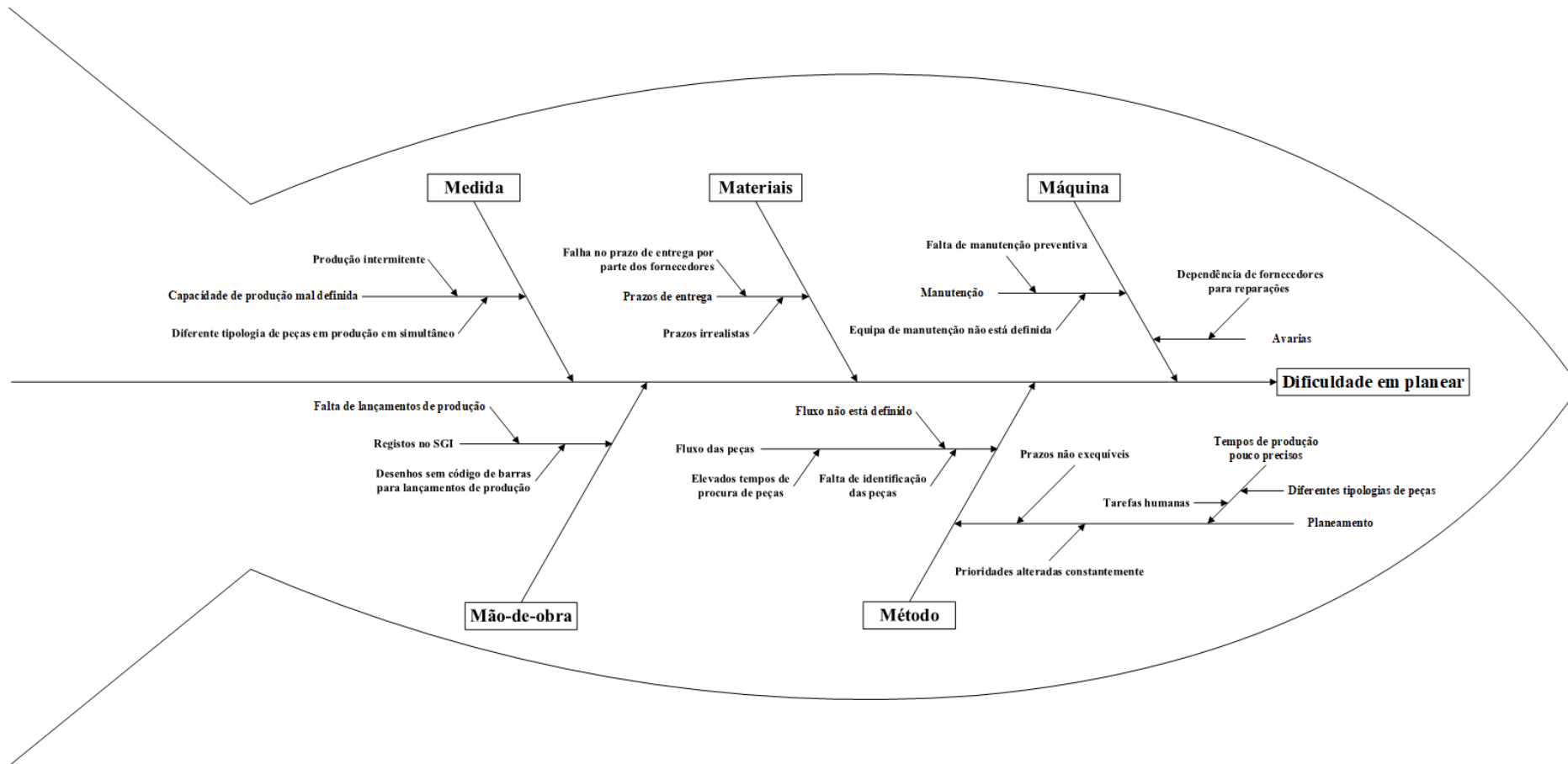
Máquina: HWACHEON HI-TECH 450AL YMC

| Semana 30: 25/7/2022 - 29/7/2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|------------------------|---------|-----|
| Hora | 2ª Feira 25/07/2022 | | | 3ª Feira 26/07/2022 | | | 4ª Feira 27/07/2022 | | | 5ª Feira 28/07/2022 | | | 6ª Feira 29/07/2022 | | |
| | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD | Obra | Desenho | QTD |
| 08:00 | 2804,01 | JOpE112 | | | | | | | | | | | | | |
| 09:00 | 2797,51 | JKaiz | 54 | | | | | | | | | | | | |
| 10:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13:30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00 | | | | | | | | | | | | | | | |

(v) Planeamento da semana 30/2022 da máquina Hwacheon Hi-Tech 450AL YMC

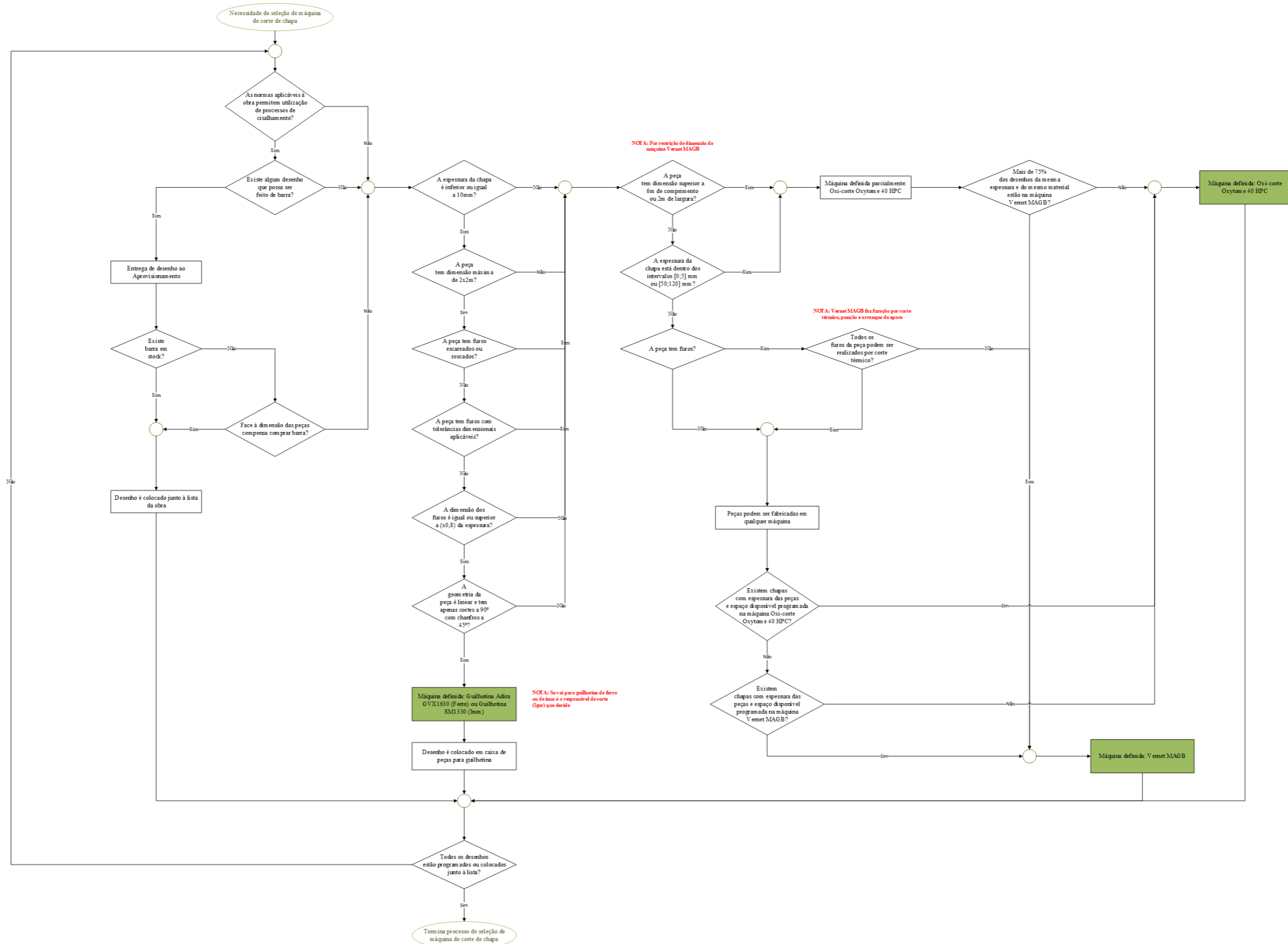
Anexo M

Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa) de causas na dificuldade em planear



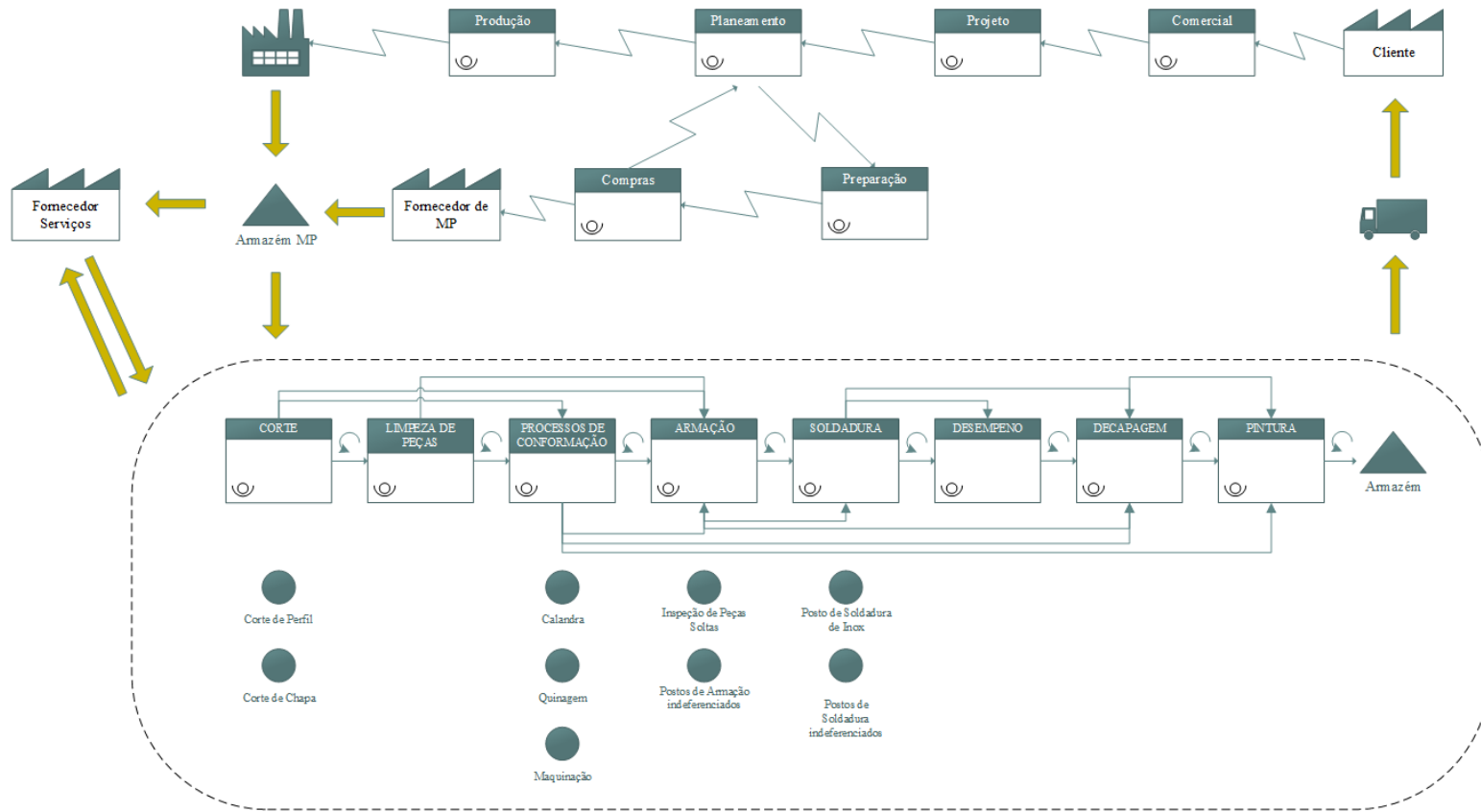
Anexo N

Fluxograma de metodologia de seleção de máquina de corte de chapa



Anexo O

Fluxo de Material e Informações (FMI) atual



Anexo P

Fluxo de Material e Informações (FMI) proposto

Anexo Q



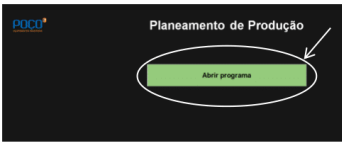

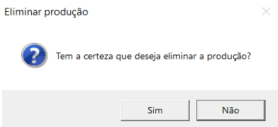
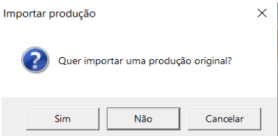
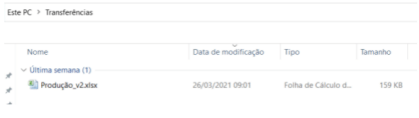

Mapeamento do ERP: etapas críticas, nível de criticidade, descrição do problema e possível(eis) solução(ões)

| Etapa | Nível Criticidade | Problema | Possíveis soluções |
|-------------------|--------------------------|---|--|
| Preparação | II | Existem materiais em <i>stock</i> para fabrico das peças? | <p>Criar campo de validação de etapa de preparação dos materiais. Ao ser validada é calculado e apresentado no SGI as peças que estão prontas a planear (com material em <i>stock</i>).</p> <p>Para os materiais que não existam em <i>stock</i> deve ser associado o número de requisição criado.</p> |
| | II | Status dos materiais para fabrico | Após as peças terem validada a existência de material em <i>stock</i> ou terem uma requisição associada deve ser dado alerta de que já foi recebido material para a peça e esta está pronta a planear. |
| Projeto | II | Atrasos na entrega das listas à Produção | Realizar Planeamento Estratégico eficiente de modo a definir prazo para saída da lista do Projeto. |
| | III | Alteração de listas em produção | Minimizar erros de projeto. |
| Fabrico | II | Falta de definição de layouts | Criar famílias de produtos, por exemplo, ilhas de armação por dimensões das peças. |
| | III | Falta de definição de layouts | Implementação de 5S no <i>Gemba</i> . |
| | II | Falta de manutenção | Implementação de metodologia TPM. |
| | I | Falta de polivalência | Implementação da ferramenta de Matriz de Competências de modo a avaliar as competências por equipamentos e procedimentos. |
| | III | Fluxo das peças ao longo da Produção | <p>Implementação de ferramenta adaptada do <i>Kanban</i> de modo que as peças cheguem ao respetivo destino de forma automática.</p> <p>O ficheiro de planeamento criado (PLAN_PM) permite obter como output esta indicação, sendo que: Croquis – devem seguir para o respetivo posto de armação ou local da obra na Armação; Peças soltas – devem seguir para o posto de “Inspeção de Peças Soltas).</p> |
| | III | | Realizar controlo de qualidade mais rigorosos de modo a detetar os defeitos atempadamente. |

| | | | |
|--------------------|-----|---|---|
| | | Problemas de Qualidade nas peças | Realizar auditorias de avaliação aos operadores de forma periódica, podendo neste caso ser utilizada a ferramenta da Matriz de Competências para planear as auditorias. |
| Planeamento | III | Falta de definição de prioridades das obras em curso | Realizar um Planeamento Tático eficiente. Para isto torna-se ideal a realização de um briefing diário que pode estar associado à implementação do <i>Kaizen</i> diário de modo a definir as prioridades diárias de forma precisa. |
| | IV | Chapa para corte é programada e inclui peças de diferentes listas | O planeamento não será exato no tempo sendo que neste caso o planeamento deve ser efetuado em periodicidade a definir (p.e. diária). |
| | II | Programa não devolve dimensões de corte | Adaptar sistema (<i>softwares</i> Tekla e Solidworks) para esta situação. Podem ser necessários serviços de consultoria o que requer estudos de viabilidade. |
| | II | Programa não devolve processos de fabrico da peça | O responsável de planeamento deve associar os processos de fabrico às peças numa fase inicial. Numa fase seguinte pode ser associado um processo de fabrico com base em: material, perfil e dimensões (p.e. espessura da chapa). |
| | IV | Dificuldade em obter tempos de processos | Destacam-se os seguintes processos com maior complexidade: Armação, Soldadura e Pintura. Medição de tempos. Análise de tempos. |

Anexo R

Instrução de trabalho de utilização da ferramenta de teste PLAN_PM

|  | INSTRUÇÃO DE TRABALHO | | INSTRUÇÃO Nº |
|--|---|--|--------------|
| | Planeamento de Produção com programa PLAN_PM | | IT-PLAN_PM |
| | PAG. 1 / 3 | REV. Nº 01 | 01/11/2021 |
| Âmbito de Aplicação: Planeamento de Produção por máquina e posto de armação | | | |
| <p>Procedimento:</p> <p>O PLAN_PM é um programa que permite realizar o planeamento da produção e a carga diária das máquinas de corte de forma automática. O programa recebe vários inputs (postos destino de armação, máquinas de corte, tipologia de peças, reports de produção, data início produção, tempo de produção (dias) de forma a dar o output desejado - Planeamento diário por máquina de corte e por postos de armação. Assim, para fazer o planeamento da produção devem ser seguidas as seguintes etapas.</p> | | | |
| <p>Restrições:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O ficheiro a importar tem de estar sempre na mesma pasta (pasta Transferências), sempre com o mesmo nome ("Produção_v2"); • O formato do ficheiro excel com o relatório de produção proveniente dos reports tem de ser o mesmo. Sempre que é efectuada alguma alteração ao formato do ficheiro (por exemplo, colunas adicionadas ou retiradas, etc), sendo que este tem actualizações frequentes, é necessário recorrer de novo a programação; • Uma vez que existem dois directores de produção, que estarão encarregues de efectuar o planeamento, o programa apenas pode ser utilizado por um utilizador de cada vez; • Não permite planear processos intermédios de fabrico, como quinagem, furação, etc. | | | |
| Abrir o programa PLAN_PM, localizado no caminho a seguir. | | | |
| 1 |  | | |
| 2 | <p>1*) Na página que é apresentada clicar em 'Abrir Programa'.</p>  | <p>2*) No programa, clicar em "Importar Produção", caso queira importar uma produção para planear ou em "Eliminar Produção", caso queira eliminar uma produção que esteja atualmente importada. Este passo não é obrigatório, caso a produção que quer planear já esteja importada.</p>  | |
| 3 | <p>No caso de "Eliminar Produção", aparecerá a seguinte mensagem de aviso:</p>  | | |
| 4 | <p>1*) No caso de "Importar Produção", aparecerá a seguinte mensagem:</p>  | <p>2*) Em caso de ser seleccionada a opção "Sim", a programa irá importar o ficheiro excel proveniente da pasta Transferências com o nome "Produção_v2.xlsx".</p>  | |
| 5 | <p>3*) Em caso de ser seleccionada a opção "Não", a programa irá mostrar um histórico de sub obras já importadas e planeadas anteriormente ou em planeamento. O utilizador deve seleccionar a sub obra pretendida e pressionar "Confirmar".</p>  | | |

Assim que uma produção é importada, o utilizador deve (1) selecionar um dos oito postos destino de armação, (2) colocar a data de início e a duração, em dias, da produção, e (3) selecionar a CheckBox do(s) conjunto(s) com destino para o posto selecionado.

6

1º) Após selecionar todos os conjuntos que pretende para o posto e a data selecionada, o utilizador deve submeter os dados no botão verde do canto inferior esquerdo.

2º) Aparecerá a seguinte mensagem de aviso.

7

(1) Selecionar uma das quinze máquinas de corte disponíveis, (2) o início da produção e a duração, em dias, de produção, e (3) selecionar a CheckBox da(s) peça(s) solta(s) e do(s) croqui(s). Após selecionar todas as checkbox pretendidas para a máquina e a data selecionada anteriormente, o utilizador deve submeter os dados, repetindo o passo 7.

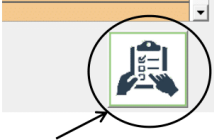
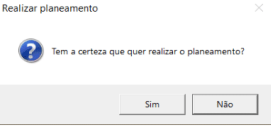
8

Em caso de serem selecionados croquis com data de conclusão superior à data de início de produção na armação, é dado o seguinte aviso com identificação dos croquis, e os dados dos mesmos não serão submetidos.

9

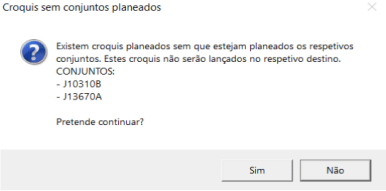
(1º) Selecionar o botão do canto inferior direito para realizar o planeamento (2º) Será dada uma mensagem de aviso para certificar que pretende realizar planeamento.

10

11

Croquis sem conjuntos planeados



Ao lançar planeamento, caso existam croquis planeados sem que o respetivo conjunto esteja planeado, o programa dá a seguinte mensagem. Se o utilizador pretender continuar, a informação dos croquis fica submetida, mas estes não aparecerão nos ficheiros de planeamento.

O(s) output(s) do planeamento realizado serão guardados em pastas por ano e mês, no caminho apresentado a seguir. Caso existam peças cortadas em máquinas externas (Mecnicentro, Rui Ramos e Laser), apenas é colocado na pasta o dia em que as peças ficam prontas.

12.1

Este PC > Poço (X:) > Planeamento > PLAN_PM > Planeamentos

12.2

É também guardado um histórico da obra numa pasta identificada com o número da obra, no caminho apresentado a seguir, onde é apresentado um ficheiro com as máquinas, os postos destino e as respetivas datas de planeamento, assim como uma coluna com indicação do que já foi planeado (semelhante ao apresentado a seguir).

Este PC > Poço (X:) > Planeamento > PLAN_PM > Obras

| X | Y | Z | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG |
|----------|---------|---------|---------|------|-----------------|-----------|---------------|-------------|----------------|
| Planeado | POSTO 1 | POSTO 5 | POSTO 4 | MAPS | TRIL-LASER TUBE | DXI-CORTE | VERNE T HD000 | MRS 500-GLR | MECNICENTRO C. |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | 30/02/21-1 | | | | |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | 30/02/21-1 | | | | |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | 09/02/21-4 | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | |
| OK | | | | | 30/02/21-5 | | | | 30/02/21-4 |
| OK | | | | | | | | | |

1 de novembro de 2021

ELABORADO POR: André Santos Ribeiro
DATA: 01-11-2021

APROVADO POR:
DATA:

Anexo S

Sub Lista de produção

Sub-Lista de Produção



Poço - Equipamentos Industriais, S.A.
C. Social 1.500.000€ | C.R.C. Marinha Grande
NIF/VAT PT 502669012 | Alvará nº 60006

Rua de Marrazes, lote 32 - Zicofa
2415-807 Leiria
Portugal

+ 351 244 574 860
poco@poco.pt
www.eijp.pt



| | |
|----------------------------------|---|
| Sub-Obra: | 2712,02 |
| Descrição: | PERIPLAST_OB_2402,51: Peça de adaptação a cabeça de extrusão de filme tubular |
| Lista: | 4176 |
| Sub lista: | 4176,01 |
| Prazo Entrega: | 08/06/2022 |
| Data entrega Produção: | 31/05/2022 |
| Data início produção: | 01/06/2022 |
| Data limite fim produção: | 08/06/2022 |
| Corte: | Mecnicentro |
| Fabricação: | Mecnicentro |

Revisão: 0
Data Revisão: 31/05/2022

TOTAL DE DIAS ÚTEIS DE PRODUÇÃO: 6

| |
|---------------------------|
| Requisição Fabrico |
| 35278 |

NOTA: Todos os desenhos devem ser devolvidos juntamente com as respetivas peças.

Os desenhos foram enviados sem que fosse feita a preparação do material, pelo que é da responsabilidade da Mecnicentro de verificar a existência de stock de materiais para fabrico das peças e informar a Poço dos materiais que tenha em falta.

lista de peças soltas

| descrição | | | | MP | | | corte | | maquinação | |
|-----------|-------------|-----|--------|----------------|----------|-----------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| tipo | ref pai | qtd | perfil | dimensões (mm) | material | origem | requisicao | origem | destino | origem |
| PS | B16248B | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | B16245A | 4 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | B16247A | 1 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | B16246A | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | B16268A | 1 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | A10174A | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | A10227C | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | A10228C | 4 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | A10230C | 2 | | | | Compra-Standard | 11828 | na | Mecnicentro | Mecnicentro |
| PS | A10173C-VS2 | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |

Produção: 10 DESENHOS, 22 PEÇAS SOLTAS TOTAL

lista de peças para conjuntos

| descrição | | | | MP | | | corte | | maquinação | |
|-----------|---------------|-----|--------|----------------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| tipo | ref | qtd | perfil | dimensões (mm) | material | origem | requisicao | origem | destino | origem |
| CR | A10232C-VS2-1 | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| CR | A10232C-VS2-2 | 4 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| CR | A10233C-VS2-1 | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| CR | A10233C-VS2-2 | 2 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |
| CR | A10233C-VS2-3 | 4 | | | | Stock MEC | na | Mecnicentro | Mecnicentro | Mecnicentro |

Produção: 5 DESENHOS, 14 CROQUIS TOTAL

lista de desenhos de conjuntos entregues

| serralharia | | | | |
|-------------|-------------|-----|-------------|-----------|
| tipo | ref pai | qtd | origem | destino |
| CJ | A10232C-VS2 | 2 | Mecnicentro | Periplast |
| CJ | A10233C-VS2 | 2 | Mecnicentro | Periplast |

Produção: 2 DESENHOS, 4 CONJUNTOS TOTAL

lista de desenhos de montagens entregues

| montagem | | | | |
|----------|---------|-----|-----------|-----------|
| tipo | ref pai | qtd | origem | destino |
| MT | B96083 | 2 | Periplast | Periplast |

Produção: 1 DESENHOS, 2 MONTAGENS TOTAL

OBSERVAÇÕES

Sub-Lista de Produção

| ENVIO DE MATERIAL | |
|--------------------------|---------------|
| Enviado para fornecedor: | Mecnicentro |
| Responsável pelo envio: | André Ribeiro |
| Enviado por transporte: | Rui Ramos |
| Enviado em data: | 31/05/2022 |
| Guia de Transporte: | na |
| RECEÇÃO DE MATERIAL | |
| Local de receção: | |
| Recebido por transporte: | |
| Recebido em: | |

Anexo T

Ordens de Produção para a máquina Vernet HD900 e para a máquina Vernet MagB

Ordem de Produção: 6

6

Máquina: Vernet HD900

Data Corte: 09/12/2022

| Sub-Obra | Desenho | Perfil | Peso Unit | Qtd | Total |
|----------|----------------|--------|-------------------------------|--------------------------|----------|
| 2828,01 | 2828.01-KPpa23 | IPE200 | 27,41 | 2 | 54,82 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa27 | IPE200 | 74,94 | 3 | 224,82 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa29 | IPE200 | 29,31 | 1 | 29,31 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa30 | IPE200 | 16,78 | 1 | 16,78 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa31 | IPE200 | 16,78 | 1 | 16,78 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa32 | IPE200 | 27,41 | 2 | 54,82 |
| 2828,01 | 2828.01-KPpa40 | IPE160 | 22,16 | 12 | 265,92 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc19 | HEB200 | 367,85 | 1 | 367,85 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc23 | HEB200 | 367,85 | 1 | 367,85 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc24 | IPE160 | 12,46 | 7 | 87,22 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc55 | IPE200 | 83,22 | 1 | 83,22 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc60 | IPE200 | 83,22 | 1 | 83,22 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc61 | IPE200 | 25,28 | 2 | 50,56 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc64 | IPE160 | 22,24 | 3 | 66,72 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc76 | IPE160 | 74,92 | 2 | 149,84 |
| 2828,02 | 2828.02-KPpc79 | IPE160 | 22,21 | 7 | 155,47 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb1 | HEB200 | 128,75 | 2 | 257,50 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb10 | HEB200 | 551,78 | 1 | 551,78 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb14 | HEB160 | 213,55 | 2 | 427,10 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb14 | HEB160 | 213,56 | 5 | 1 067,80 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb16 | HEB200 | 551,78 | 1 | 551,78 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb18 | HEB200 | 332,90 | 1 | 332,90 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb28 | HEB200 | 367,85 | 1 | 367,85 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb45 | IPE160 | 10,72 | 6 | 64,32 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb48 | HEB200 | 367,85 | 1 | 367,85 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb49 | HEB160 | 34,95 | 4 | 139,80 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb5 | HEB200 | 332,90 | 1 | 332,90 |
| 2828,03 | 2828.03-KPpb52 | HEB160 | 38,36 | 2 | 76,72 |
| | | | Totak Kilos 6613,50 kg | Totak Peças 74,00 | |

(i) Ordem de Produção para a máquina Vernet HD900






| Plano de carga de Máquina - S_32 | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------------------------|------|----------------------|-----------------------------------|------------------|-----------|------------|------------|
| Material | Ordem de Produção | Máquina | CNC | Obras | Detalhe_Peças | Dimensão | Espessura | Quantidade | Tempo Real |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3678 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3721 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3906 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3907 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3908 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3909 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3910 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3911 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3912 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3913 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3914 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3915 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3916 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3917 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3918 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3919 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3920 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3921 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3922 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3923 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3924 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3925 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3926 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3927 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3928 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3929 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3930 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3931 | 2767; | 2767(0); | 5000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3932 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3933 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3934 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3935 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3936 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3937 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3938 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3939 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3940 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3941 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3942 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3943 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 1 | Vernet Behringer MAG B CD | 3944 | 2767; | 2767(0); | 6000 x 1550 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Ok | 2 | Vernet Behringer MAG B CD | 4152 | 2820;2801;2826;2824; | 2801[1];2826[39];2824[1];2824[1]; | 6000 x 2000 x 20 | 20 | 1 | ... |
| Ok | 2 | Vernet Behringer MAG B CD | 4156 | 2820;2801; | 2801[2];2801[2]; | 3000 x 1500 x 15 | 15 | 1 | ... |
| Ok | 2 | Vernet Behringer MAG B CD | 4157 | 2824;2820; | 2820[155];2820[155];OT 3477 | 6000 x 2000 x 8 | 8 | 1 | ... |
| Verificar | 3 | Vernet Behringer MAG B CD | 4038 | 2801; | 2801[10]; | 6000 x 2000 x 10 | 10 | 1 | ... |
| Verificar | 3 | Vernet Behringer MAG B CD | 4039 | 2801; | 2801[4]; | 2000 x 1000 x 20 | 20 | 1 | ... |

Entregue: 06/08/2022

(ii) Ordem de Produção para a máquina Vernet MagB

Anexo U

Níveis de Competência de Colaboradores (NCO) e respectiva descrição

| NCO | Gestão visual | Descrição |
|---------|---|--|
| 1 |  | <p>Não executa</p> <p>Este nível é atribuído automaticamente quando o operador passa a ter qualquer competência na respetiva máquina, processo ou procedimento. Este nível indica que o operador não executa e seria desejável que executasse, ou seja, foi identificada esta necessidade.</p> |
| 2 |  | <p>Executa com supervisão</p> <p>Neste nível o operador ainda está em formação e executa sob supervisão. São avaliados os seguintes pontos:</p> <p>Formação nas ferramentas de qualidade;</p> <p>Formação nos procedimentos operacionais;</p> <p>Treino em linha.</p> |
| 3 |  | <p>Executa de forma autónoma</p> <p>Neste nível o operador executa com autonomia deixando de estar em formação. São avaliados os seguintes pontos:</p> <p>O operador conhece e respeita as Instruções de Trabalho (IT);</p> <p>O operador executa sem supervisão;</p> <p>O operador realiza os registos de produção e qualidade corretamente.</p> |
| 4 |  | <p>Pode formar</p> <p>Neste nível o operador passa a ter a competência de poder formar outros operadores. São avaliados os seguintes pontos:</p> <p>O operador é capaz de solucionar problemas;</p> <p>O operador é conhecedor e capaz de explicar o método de trabalho e controlo sem dificuldade;</p> <p>O operador cumpre os objetivos planeados.</p> |
| NCO x 2 |  | <p>Inibido</p> <p>Esta indicação é utilizada quando se pretende manter o NCO, mas não se pretende que ele execute a máquina, processo ou procedimento. Ou seja, o operador é inibido de poder trabalhar na máquina ou executar o processo ou procedimento. A indicação visual apresentada refere-se a um operador com NCO igual a 4 inibido para trabalhar na respetiva máquina, processo ou procedimento.</p> |

Anexo V

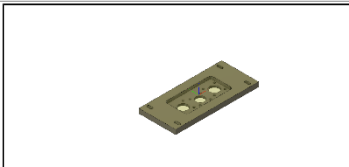
Relatório de maquinação de peça na Microcut Challenger 1500

Setup Sheet for Program 1000

JOB DESCRIPTION: Setup 1
DOCUMENT PATH: J14913B-V01 v9

Setup






WCS: #0
Stock
DX: 450mm
DY: 500mm
DZ: 25mm
PART:
DX: 450mm
DY: 500mm
DZ: 25mm
Stock LOWER in WCS #0:
X: -225mm
Y: -100mm
Z: -25mm
Stock UPPER in WCS #0:
X: 225mm
Y: 100mm
Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 9
NUMBER OF TOOLS: 7
TOOLS: T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7
MAXIMUM Z: 60mm
MINIMUM Z: -29mm
MAXIMUM FEEDRATE: 1800mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm
CUTTING DISTANCE: 61869.72mm
RAPID DISTANCE: 15406.67mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 1h:4m:21s

Tools

| | | | |
|---|--|--------------------------|---|
| T1 D1 L1 Type: flat end mill DIAMETER: 12mm LENGTH: 31mm FLUTES: 4 DESCRIPTION: Fresa topo raspo Ø12 | MINIMUM Z: -26mm MAXIMUM FEED: 800mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2200rpm CUTTING DISTANCE: 14200.98mm RAPID DISTANCE: 848.55mm ESTIMATED CYCLE TIME: 18m:23s (25.6%) | HOLDER: BT40 - B4C4-0011 |  |
| T2 D2 L2 Type: face mill DIAMETER: 26mm CORNER RADIUS: 0.8mm LENGTH: 100mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Roca Ø26 | MINIMUM Z: -27mm MAXIMUM FEED: 1800mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm CUTTING DISTANCE: 43237.19mm RAPID DISTANCE: 6040.51mm ESTIMATED CYCLE TIME: 26m:52s (41.8%) | HOLDER: BT40 - B4C3-0040 |  |
| T3 D3 L3 Type: flat end mill DIAMETER: 16mm LENGTH: 50mm FLUTES: 4 DESCRIPTION: Fresa topo raspo Ø16 | MINIMUM Z: -25mm MAXIMUM FEED: 500mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2000rpm CUTTING DISTANCE: 1117.64mm RAPID DISTANCE: 504.46mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:20s (3.6%) | HOLDER: BT40 - B4C4-0011 |  |
| T4 D4 L4 Type: center drill DIAMETER: 10mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 22mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Ponto Ø10 | MINIMUM Z: -17mm MAXIMUM FEED: 26mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 850rpm CUTTING DISTANCE: 60mm RAPID DISTANCE: 2094.42mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:44s (4.2%) | HOLDER: BT40 - B4C4-0011 |  |
| T5 D5 L5 Type: drill DIAMETER: 9mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 80mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Broca Ø9 | MINIMUM Z: -29mm MAXIMUM FEED: 28mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 650rpm CUTTING DISTANCE: 68mm RAPID DISTANCE: 753.5mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:35s (4%) | HOLDER: BT30 - Blank1 |  |

| | | | |
|--|--|--------------------------|---|
| T6 D6 L6 Type: drill DIAMETER: 10.25mm LENGTH: 72mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Broca Ø10.25 | MINIMUM Z: -29mm MAXIMUM FEED: 28mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 650rpm CUTTING DISTANCE: 136mm RAPID DISTANCE: 1678.62mm ESTIMATED CYCLE TIME: 9m:12s (14%) | HOLDER: BT30 - Blank1 |  |
| T7 D7 L7 Type: chamfer mill DIAMETER: 20mm TAPER ANGLE: 45° LENGTH: 73mm FLUTES: 1 DESCRIPTION: Chanfre Ø20 | MINIMUM Z: -16mm MAXIMUM FEED: 800mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm CUTTING DISTANCE: 3049.81mm RAPID DISTANCE: 3459.81mm ESTIMATED CYCLE TIME: 4m:31s (7%) | HOLDER: BT40 - B4C4-0016 |  |

Operations

| | | | |
|---|--|---|---|
| Operation 1/9 DESCRIPTION: Fresa Ø12 - Desbaste rasgos 13 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 0.3mm MAXIMUM STEPOVER: 11.4mm | MAXIMUM Z: 16mm MINIMUM Z: -26mm MAXIMUM FEEDRATE: 2200rpm MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min CUTTING DISTANCE: 14200.98mm RAPID DISTANCE: 848.55mm ESTIMATED CYCLE TIME: 18m:23s (25.6%) COOLANT: Flood | T1 D1 L1 Type: flat end mill DIAMETER: 12mm LENGTH: 31mm FLUTES: 4 DESCRIPTION: Fresa topo raspo Ø12 |  |
| Operation 2/9 DESCRIPTION: Fresa Ø26 - Desbaste caixa c/0.1mm stock parede e 0.2mm stock chão STRATEGY: Pocket 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.1mm STOCK TO LEAVE: 0.1mm/0.2mm MAXIMUM STEPOVER: 0.8mm MAXIMUM STEPOVER: 20mm | MAXIMUM Z: 10mm MINIMUM Z: -14.8mm MAXIMUM FEEDRATE: 2800rpm MAXIMUM FEEDRATE: 1800mm/min CUTTING DISTANCE: 30410.98mm RAPID DISTANCE: 5554.63mm ESTIMATED CYCLE TIME: 21m:20s (33.2%) COOLANT: Flood | T2 D2 L2 Type: face mill DIAMETER: 26mm CORNER RADIUS: 0.8mm LENGTH: 100mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Roca Ø26 |  |
| Operation 3/9 DESCRIPTION: Fresa Ø26 - Acabamento chão caixa c/0.1mm stock parede STRATEGY: Pocket 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.1mm STOCK TO LEAVE: 0.1mm/0mm MAXIMUM STEPOVER: 18mm | MAXIMUM Z: 10mm MINIMUM Z: -15mm MAXIMUM FEEDRATE: 2800rpm MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min CUTTING DISTANCE: 1517.87mm RAPID DISTANCE: 134.14mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:55s (3%) COOLANT: Flood | T2 D2 L2 Type: face mill DIAMETER: 26mm CORNER RADIUS: 0.8mm LENGTH: 100mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Roca Ø26 |  |
| Operation 4/9 DESCRIPTION: Fresa Ø26 - Desbaste furos Ø50 e Ø46 c/0.15mm stock parede STRATEGY: Bore WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0.15mm | MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -27mm MAXIMUM FEEDRATE: 2800rpm MAXIMUM FEEDRATE: 1500mm/min CUTTING DISTANCE: 6308.46mm RAPID DISTANCE: 351.74mm ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:37s (5.6%) COOLANT: Flood | T2 D2 L2 Type: face mill DIAMETER: 26mm CORNER RADIUS: 0.8mm LENGTH: 100mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Roca Ø26 |  |
| Operation 5/9 DESCRIPTION: Fresa Ø16 - Acabamento parede caixa e furos Ø50 e Ø46 STRATEGY: Contour 2D WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm MAXIMUM STEPOVER: 15.2mm | MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -25mm MAXIMUM FEEDRATE: 2000rpm MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min CUTTING DISTANCE: 1117.64mm RAPID DISTANCE: 504.46mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:20s (3.6%) COOLANT: Flood | T3 D3 L3 Type: flat end mill DIAMETER: 16mm LENGTH: 50mm FLUTES: 4 DESCRIPTION: Fresa topo raspo Ø16 |  |
| Operation 6/9 DESCRIPTION: Ponto STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm | MAXIMUM Z: 60mm MINIMUM Z: -17mm MAXIMUM FEEDRATE: 850rpm MAXIMUM FEEDRATE: 26mm/min CUTTING DISTANCE: 60mm RAPID DISTANCE: 2094.42mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:44s (4.2%) COOLANT: Flood | T4 D4 L4 Type: center drill DIAMETER: 10mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 22mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Ponto Ø10 |  |
| Operation 7/9 DESCRIPTION: Broca Ø9 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm | MAXIMUM Z: 60mm MINIMUM Z: -29mm MAXIMUM FEEDRATE: 650rpm MAXIMUM FEEDRATE: 28mm/min CUTTING DISTANCE: 68mm RAPID DISTANCE: 753.5mm ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:35s (4%) COOLANT: Flood | T5 D5 L5 Type: drill DIAMETER: 9mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 80mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: Broca Ø9 |  |

27/09/22, 13:07

Setup Sheet for Program 1000

Operation 8/9
 DESCRIPTION: Broca Ø10.25
 STRATEGY: Drilling
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 60mm
 MINIMUM Z: -20mm
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 650rpm
 MAXIMUM FEEDRATE: 28mm/min
 CUTTING DISTANCE: 136mm
 RAPID DISTANCE: 1678.62mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 5m:12s (8.1%)
 COOLANT: Flood

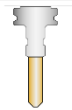
T6 D6 L6
 TYPE: drill
 DIAMETER: 10.25mm
 TIP ANGLE: 118°
 LENGTH: 72mm
 FLUTES: 2
 DESCRIPTION: Broca Ø10.25



Operation 9/9
 DESCRIPTION: Chanfres
 STRATEGY: Contour 2D
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm
 STOCK TO LEAVE: 0mm
 MAXIMUM STEP-OVER: 19mm

MAXIMUM Z: 60mm
 MINIMUM Z: -16mm
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm
 MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min
 CUTTING DISTANCE: 3049.91mm
 RAPID DISTANCE: 3486.61mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 4m:31s (7%)
 COOLANT: Flood

T7 D7 L7
 TYPE: chamfer mill
 DIAMETER: 20mm
 TAPER ANGLE: 45°
 LENGTH: 73mm
 FLUTES: 1
 DESCRIPTION: Chanfre Ø20



Generated by Fusion 360 CAM 2.0.14337 Tuesday, September 27, 2022 09:47:47

27/09/22, 13:05

Setup Sheet for Program 1001

Setup Sheet for Program 1001

PROGRAM COMMENT: Setup 2
 JOB DESCRIPTION: Setup 2
 DOCUMENT PATH: J14913B-V01 v9

Setup

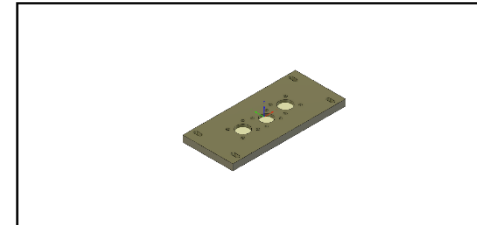
WCS: #0

STOCK:
 DX: 450mm
 DY: 200mm
 DZ: 25mm

PART:
 DX: 450mm
 DY: 200mm
 DZ: 25mm

STOCK LOWER IN WCS #0:
 X: -225mm
 Y: -100mm
 Z: -25mm

STOCK UPPER IN WCS #0:
 X: 225mm
 Y: 100mm
 Z: 0mm



Total

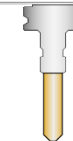
NUMBER OF OPERATIONS: 1
 NUMBER OF TOOLS: 1
 TOOLS: T7
 MAXIMUM Z: 60mm
 MINIMUM Z: -1mm
 MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm
 CUTTING DISTANCE: 2266.46mm
 RAPID DISTANCE: 3431.94mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:46s

Tools

T7 D7 L7
 TYPE: chamfer mill
 DIAMETER: 20mm
 TAPER ANGLE: 45°
 LENGTH: 73mm
 FLUTES: 1
 DESCRIPTION: Chanfre Ø20

MINIMUM Z: -1mm
 MAXIMUM FEED: 800mm/min
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm
 CUTTING DISTANCE: 2266.46mm
 RAPID DISTANCE: 3431.94mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:31s

HOLDER: BT40 - B4C4-0016

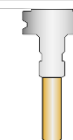


Operations

Operation 1/1
 DESCRIPTION: Chanfres
 STRATEGY: Contour 2D
 WCS: #0
 TOLERANCE: 0.01mm
 STOCK TO LEAVE: 0mm
 MAXIMUM STEP-OVER: 19mm

MAXIMUM Z: 60mm
 MINIMUM Z: -1mm
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2800rpm
 MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min
 CUTTING DISTANCE: 2266.46mm
 RAPID DISTANCE: 3431.94mm
 ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:31s
 COOLANT: Flood

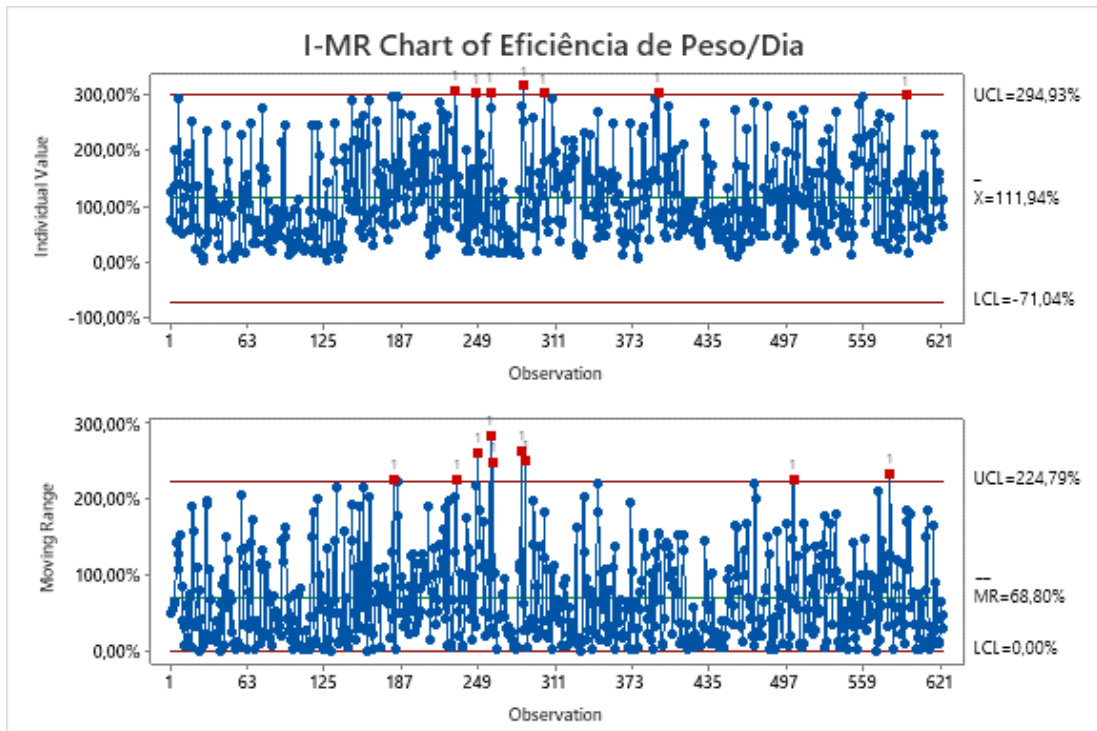
T7 D7 L7
 TYPE: chamfer mill
 DIAMETER: 20mm
 TAPER ANGLE: 45°
 LENGTH: 73mm
 FLUTES: 1
 DESCRIPTION: Chanfre Ø20



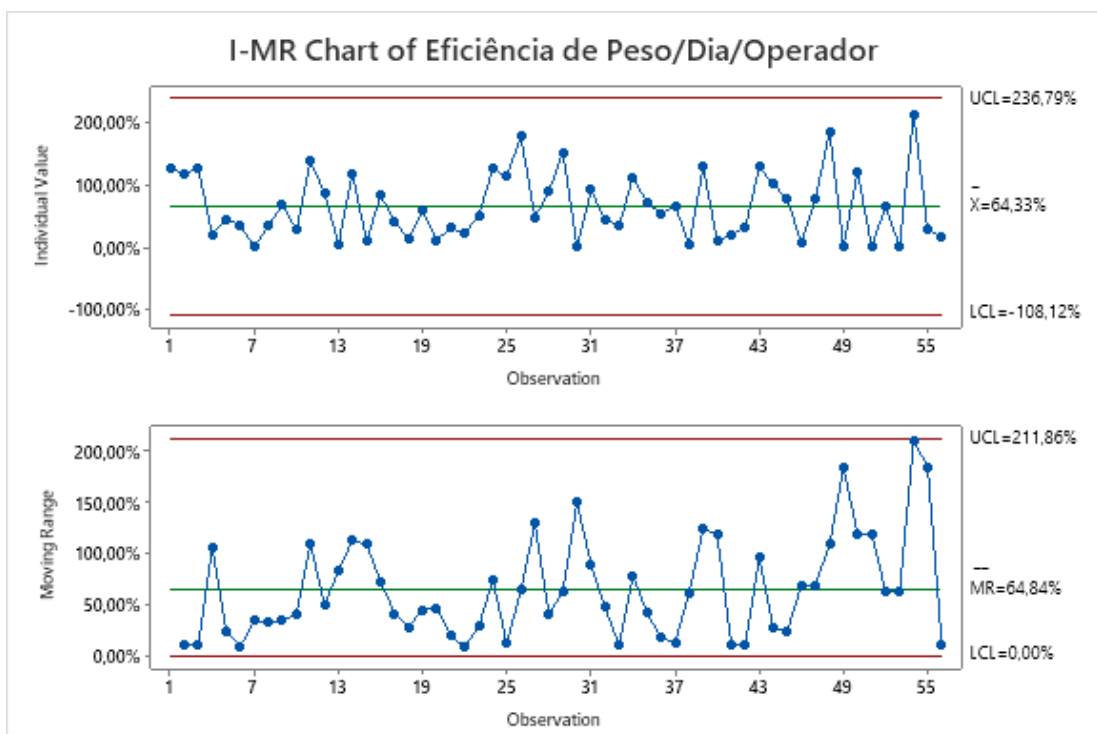
Generated by Fusion 360 CAM 2.0.14337 Tuesday, September 27, 2022 09:47:17

Anexo X

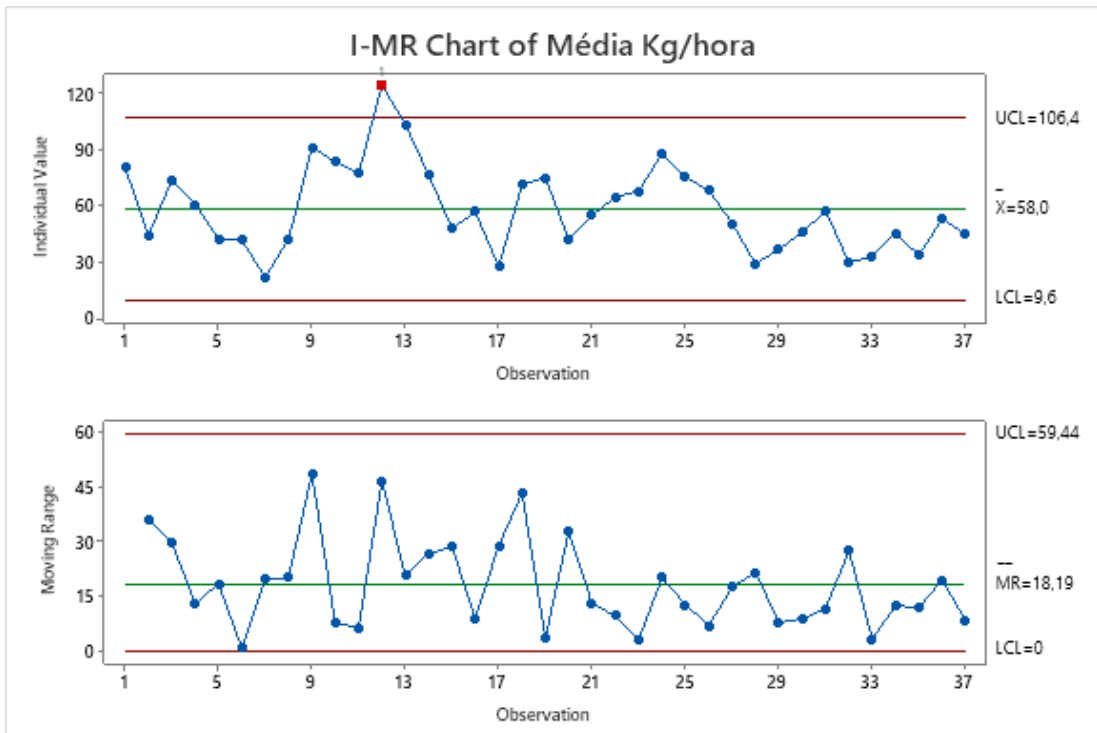
Cartas de controlo estatístico do processo de armação



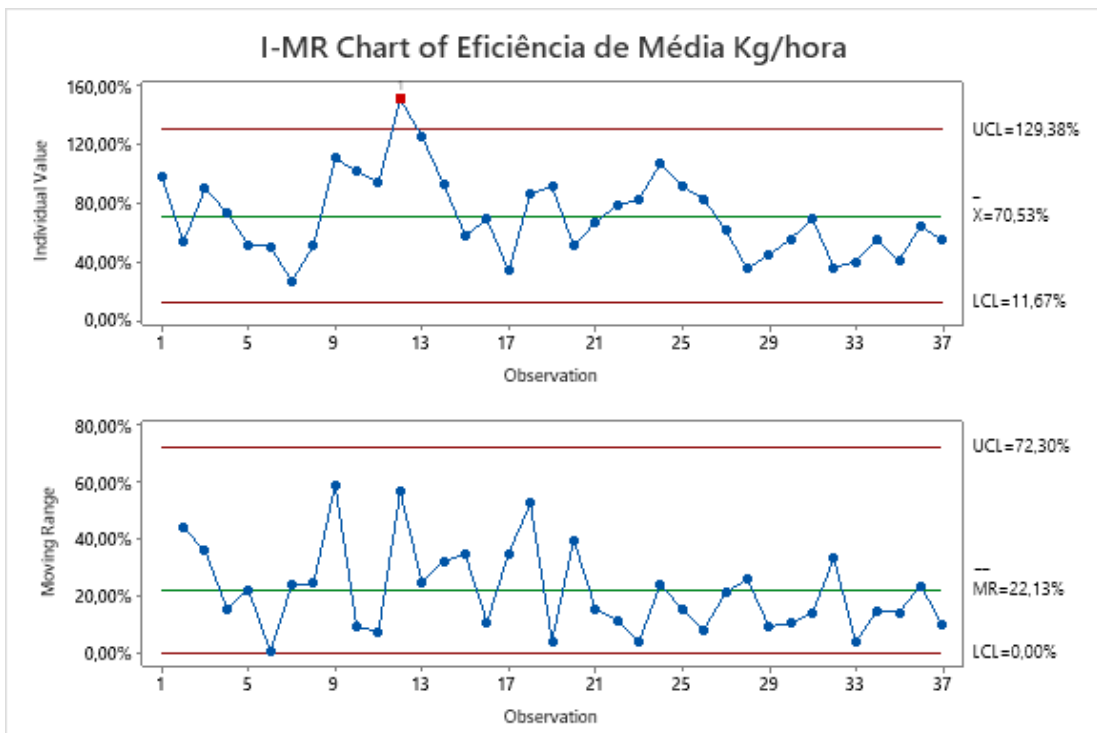
(i) Carta de controle de média e amplitude da eficiência de peso armado por dia



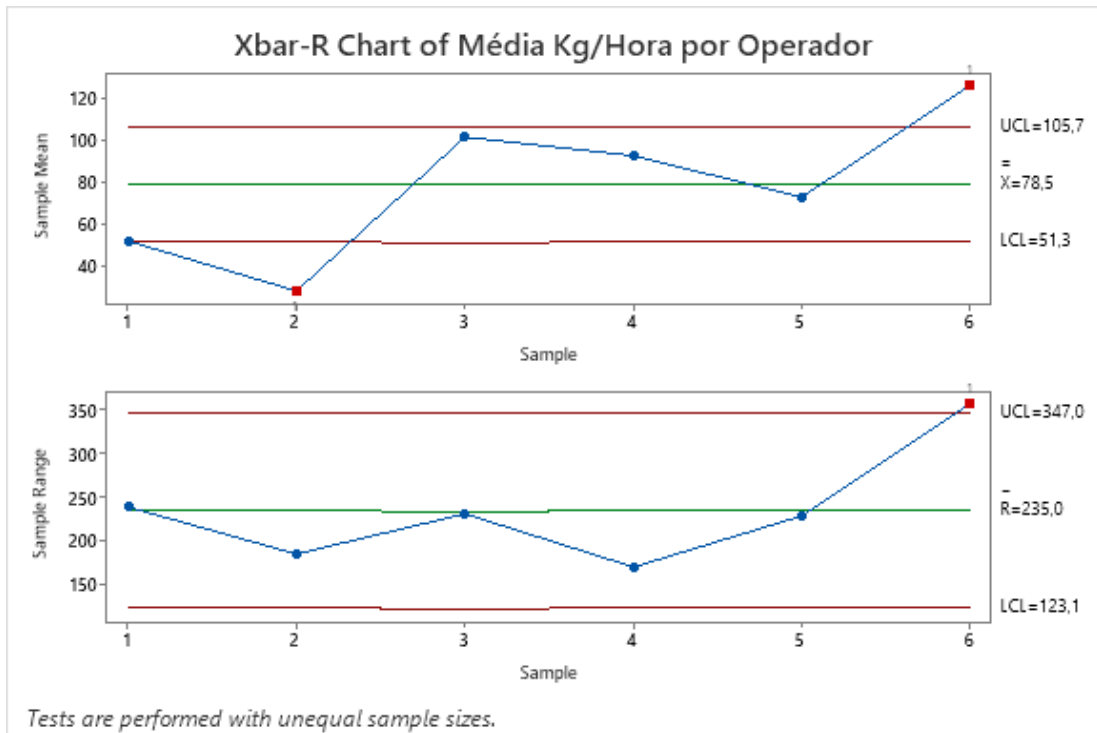
(ii) Carta de controle de média e amplitude da eficiência de peso armado por dia por operador



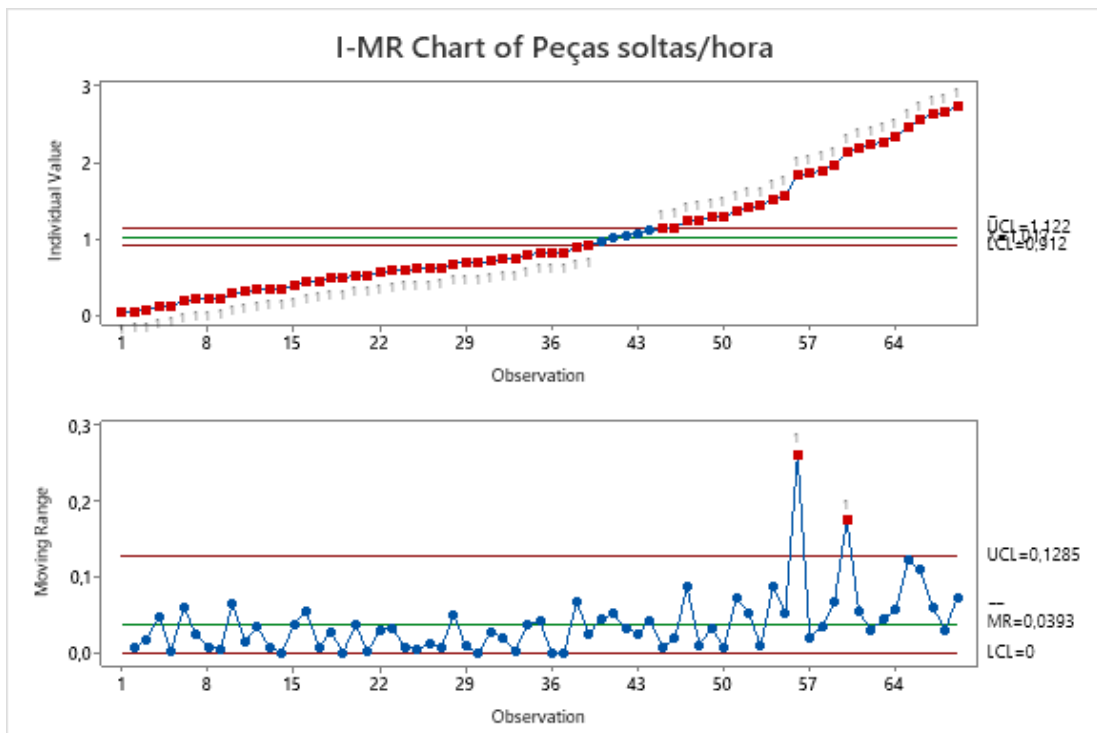
(iii) Carta de controle de média e amplitude da média de kg/hora por mês



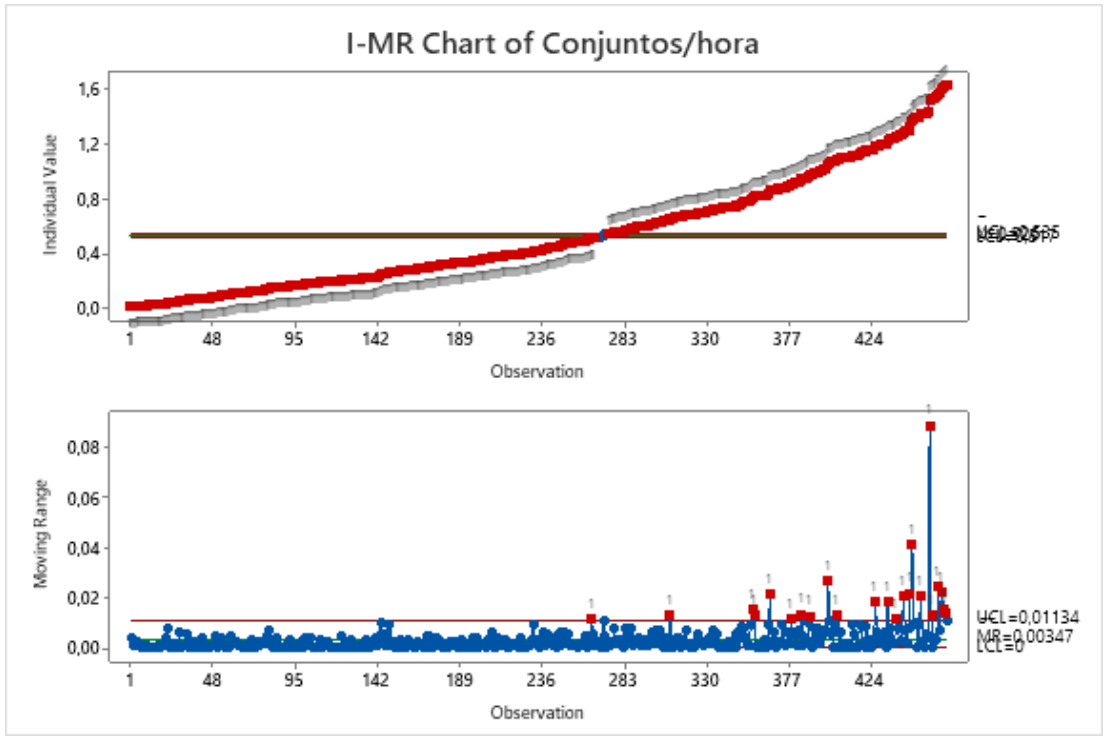
(iv) Carta de controle de média e amplitude da eficiência face à média de kg/hora por mês



(v) Carta de controlo de média e amplitude da eficiência de peso armado por dia por operador



(vi) Carta de controlo de valores individuais e de amplitude do número de peças soltas processadas por hora



(vii) Carta de controlo de valores individuais e de amplitude do número de conjuntos processados por hora