



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hélder José Seara Laranjeira

Estudo, desenvolvimento e validação de um sistema
de *beading* e descalçar total para a produção de
luvas de látex

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Mecatrónica

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

Junho de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-Compartilhalgal

CC BY-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A minha Mãe, Odete Laranjeira, ao meu Pai, José Laranjeira, e aos meus irmãos, Diogo e João Laranjeira,
pelo amor prestado ao longo da vida e apoio constante ao longo do meu percurso académico.

Aos meus avós Irene Seara, Maria Celeste Laranjeira e Domingos Seara,
um agradecimento pela transmissão de ensinamentos, conselhos e aprendizagens da faculdade da vida, que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

Ao orientador, professor doutor Eurico Seabra,
um especial agradecimento pela atenção, disponibilidade, dedicação demonstrada e pela amizade desenvolvida ao longo do percurso académico.

À empresa ESI – Engenharia, Soluções e Inovação,
um especial agradecimento pela oportunidade e confiança depositada no decorrer da realização da dissertação no âmbito de um estágio curricular na empresa.

Aos memoráveis grupos de amigos Pah, Cabide de Caloiros e Princesas Crew,
pelas vivências, aventuras e histórias, com um destaque especial para o Daniel Rodrigues, João Santos, Filipe Azevedo e Renato Costa.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O presente trabalho centra-se na necessidade da construção de uma nova unidade fabril, no norte de Portugal, para a produção de luvas descartáveis. Tendo por base um conceito de linha de produção totalmente automática, assentada em processos inovadores e vanguardistas, esta unidade produtiva é única a nível europeu, uma vez que o comércio de luvas descartáveis na Europa depende da produção destas no continente asiático.

Nesta perspetiva, o objetivo principal do trabalho prende-se com o estudo, desenvolvimento e validação de duas etapas pertencentes ao processo de produção da luva: o *beading* e o descalçar total. A etapa de *beading* tem como objetivo fazer o enrolamento do topo da luva, para aumentar a sua resistência e facilitar o seu processo de calçar e descalçar à mão do utilizador. O processo de descalçar total consiste na retirada total das luvas dos seus moldes e a sua colocação de uma forma controlada e organizada num transportador.

Numa primeira fase, fez-se uma abordagem às metodologias de projeto mecatrónico, bem como temáticas de componente mais prática relacionada com o projeto de equipamentos, permitindo, posteriormente, a definição das especificações, objetivos e funções dos equipamentos, gerar possíveis soluções e fazer a avaliação das mesmas.

Para o efeito, realizou-se uma análise aos processos de produção de luvas descartáveis já existentes no mercado, estudando aprofundadamente os equipamentos e processos já existentes para a realização do *beading* e descalçar total, permitindo retirar pontos relevantes para o desenvolvimento do trabalho.

Com as soluções concetuais determinadas, realizou-se a fase do projeto preliminar e detalhado, culminando na construção de equipamentos protótipos para cada etapa. Com a instalação dos sistemas desenvolvidos na linha de testes disponibilizada pelo cliente, procedeu-se à validação dos equipamentos e ao levantamento de conclusões, resultados e parâmetros relevantes a ter em conta no projeto dos equipamentos finais.

Palavras-Chave: **Projeto mecatrónico; Luvas de látex; Beading; Descalçar**

ABSTRACT

The present work focuses on the need to build a new factory in northern Portugal to produce disposable gloves. Consisting of a fully automatic production line concept, based on innovative and avant-garde processes, this production unit is unique at the European level, since, the trade of disposable gloves in Europe depends on their production on the Asian continent.

In this perspective, the main objective of the work is related to the study, development and validation of two stages inherent to the glove production process: beading and total stripping. A beading step aims to roll the top of the glove, to increase resistance and facilitate the process of putting on and taking off the glove by the user's hand. The process of total stripping consists of removing the gloves completely from their molds and placing them in a controlled and organized manner on a conveyor.

In a first phase, an approach to the design methodologies of the mechatronic mechanism was made, as well as themes of a more practical component related to the equipment design, allowing, subsequently, the definition of the specifications, objectives and functions of the equipment, generate possible solutions and evaluate them.

For this purpose, an analysis was carried out on the production processes of disposable gloves already on the market, studying in depth the equipment and processes that already exist for beading and total stripping, allowing to remove relevant points for the development of the work.

With the conceptual solutions determined, the preliminar and detailed design phase took place, culminating in the construction of prototype equipment for each stage. With the installation of the systems developed in the test line provide by the customer, proceeded to the validation of the equipment and relevant conclusions, results and relevant parameters to be taken into account in the design of the final equipment.

KEYWORDS: MECHATRONIC PROJECT, LATEX GLOVES, BEADING, STRIPPING.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Agradecimentos..... | ii |
| Resumo..... | iv |
| Abstract..... | v |
| Índice..... | vi |
| Lista de Figuras..... | x |
| Lista de Tabelas..... | xii |
| 1. Introdução..... | 13 |
| 1.1 Enquadramento do trabalho..... | 13 |
| 1.2 Objetivos..... | 14 |
| 1.3 Estrutura da dissertação..... | 14 |
| 1.4 Contributo do trabalho..... | 15 |
| 2. Pesquisa bibliográfica..... | 17 |
| 2.1 Processo de projeto da engenharia..... | 17 |
| 2.1.1 Projeto concetual..... | 17 |
| 2.1.2 Projeto de realização/preliminar..... | 28 |
| 2.1.3 Projeto detalhado..... | 31 |
| 2.2 Segurança e normalização..... | 31 |
| 2.2.1 Diretiva Máquina (2006/42/CE)..... | 32 |
| 2.3 Estudo de mercado..... | 33 |
| 2.3.1 Luva de látex..... | 33 |
| 2.3.2 Processo de produção de luvas de látex..... | 36 |
| 2.3.3 Soluções existentes..... | 38 |
| 3. Projeto Nitro..... | 47 |
| 3.1 Dados relevantes..... | 47 |
| 3.2 Enquadramento do ambiente fabril..... | 47 |
| 3.2.1 Gabari..... | 47 |
| 3.2.2 Pórticos de transporte..... | 47 |
| 3.3 Linha piloto..... | 47 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4. | Projeto conceitual | 48 |
| 4.1 | <i>Beading</i> | 48 |
| 4.1.1 | Definição do problema | 48 |
| 4.1.2 | Estabelecimento de objetivos | 48 |
| 4.1.3 | Especificações do projeto..... | 48 |
| 4.1.4 | Diagrama de funções do equipamento | 48 |
| 4.1.5 | Soluções desenvolvidas | 48 |
| 4.2 | Descalçar total | 48 |
| 4.2.1 | Definição do problema..... | 48 |
| 4.2.2 | Estabelecimento de objetivos | 48 |
| 4.2.3 | Especificações do projeto..... | 48 |
| 4.2.4 | Diagrama de funções do equipamento | 48 |
| 4.2.5 | Soluções desenvolvidas | 48 |
| 4.2.6 | Solução escolhida..... | 49 |
| 5. | Projeto detalhado..... | 50 |
| 5.1 | <i>Beading</i> | 50 |
| 5.1.1 | Equipamento desenvolvido..... | 50 |
| 5.1.2 | Princípios de funcionamento do equipamento | 50 |
| 5.1.3 | Sequência de funcionamento | 50 |
| 5.1.4 | Projeto mecânico..... | 50 |
| 5.2 | Descalçar total | 50 |
| 5.2.1 | Equipamento desenvolvido..... | 50 |
| 5.2.2 | Princípio básico de funcionamento do equipamento | 50 |
| 5.2.3 | Sequência de funcionamento | 50 |
| 5.2.4 | Projeto mecânico..... | 50 |
| 5.3 | Atuadores elétricos..... | 50 |
| 5.4 | Projeto elétrico e pneumático | 50 |
| 5.4.1 | Projeto pneumático – Descalçar total | 51 |
| 5.5 | Automação..... | 51 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5.1 | Equipamento <i>beading</i> | 51 |
| 5.5.2 | Equipamento Descalçar total..... | 51 |
| 5.6 | Escovas industriais..... | 51 |
| 6. | Resultados obtidos..... | 52 |
| 6.1 | Equipamentos construídos..... | 52 |
| 6.2 | Validação da linha-piloto | 52 |
| 6.2.1 | Processo produtivo | 52 |
| 6.2.2 | Parâmetros do equipamento-protótipo..... | 52 |
| 6.2.3 | Determinação de configuração da escova..... | 52 |
| 7. | Conclusões e Trabalho Futuro..... | 53 |
| 7.1 | Conclusões | 53 |
| 7.2 | Trabalho Futuro..... | 54 |
| 7.2.1 | Nos equipamentos protótipo: | 54 |
| 7.2.2 | Nos equipamentos finais:..... | 54 |
| | Bibliografia | 55 |
| | Anexo I - Processo standard de produção de luvas | 57 |
| | Anexo II - Projeto Nitro - <i>Layout</i> | 64 |
| | Anexo III – Ficha técnica do molde..... | 65 |
| | Anexo IV - Pórticos de transporte..... | 66 |
| | Anexo V - Sequência de funcionamento protótipo descalçar parcial e total..... | 67 |
| | Anexo VI - Equipamentos construídos..... | 68 |
| | Anexo VII - Quadro pneumático – Descalçar total..... | 69 |
| | Anexo VIII - Quadro elétrico | 70 |
| | Anexo IX - Esquema Elétrico e Pneumático..... | 71 |
| | Anexo X - Motor Elétrico – SM2863-5155..... | 72 |
| | Anexo XI - Motor Elétrico – DCGM62t50 Seefrid | 73 |
| | Anexo XII - Consola – Interface HMI | 74 |
| | Anexo XIII - Desenhos Técnicos - Protótipo <i>Beading</i> | 75 |
| | Anexo XIV - Desenhos de Montagem - Protótipo <i>Beading</i> | 76 |
| | Anexo XV - Normalizados - Protótipo <i>Beading</i> | 77 |

| | |
|---|----|
| Anexo XVI - Desenhos Técnicos - Descalçar Total..... | 78 |
| Anexo XVII - Desenhos de Montagem - Descalçar Total | 79 |
| Anexo XVIII – Normalizados - Protótipo Descalçar Total..... | 80 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxograma do modelo de 4 etapas (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008). | 18 |
| Figura 2 - Fluxo de projeto normalmente utilizado nos métodos racionais (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008)..... | 20 |
| Figura 3 - Estrutura básica de um sistema mecatrónico (Society German Engineers, 2004). | 23 |
| Figura 4 - Ciclo de resolução de problemas. Adaptado de (1)..... | 24 |
| Figura 5 - Diagrama em "V" de acordo com a norma VDI 2206. Adaptado de (1)..... | 25 |
| Figura 6 - Sistema automático em linha utilizado no processo de produção de imersão por coagulante (LAVANITRAS SDN BHD, 2016). | 37 |
| Figura 7 - Sistema automático em lote utilizado no processo de produção de imersão por coagulante (COSMOS ENGINEERING MALAYSIA, 2020)..... | 37 |
| Figura 8- Exemplo de beading numa luva de látex. | 38 |
| Figura 9 – Ilustração da etapa de Beading com elemento de rotação inclinado e molde com avanço e velocidade de rotação constante. | 39 |
| Figura 10 – Equipamento de Beading de uma unidade fabril com elemento de rotação inclinado e molde com avanço e velocidade de rotação constante (HL Advance Technologies, s.d.). | 39 |
| Figura 11 – Ilustração da etapa de Beading com elemento de rotação horizontal auxiliado por um mecanismo compensador..... | 40 |
| Figura 12 - Equipamento de Beading com elemento de rotação horizontal auxiliado por um mecanismo compensador (IMGSA Groupe, 2015)..... | 40 |
| Figura 13 - Ilustração da etapa de Beading com elemento de rotação compensador. | 41 |
| Figura 14 - Equipamento de beading com elemento de rotação compensador (Discovery Channel, 2015). | 41 |
| Figura 15 - À esquerda, entrada dos moldes no equipamento de beading. À esquerda, encosto da escova e rotação do molde no equipamento de beading (DipTech Systems, Inc., s.d.)..... | 42 |
| Figura 16 - Ilustração do processo de beading para sistema automático em lote..... | 42 |
| Figura 17 - Equipamento de descalçar total para sistema automático em linha. (Nguyen Minh, 2017) 44 | 44 |
| Figura 18 - Ilustração da etapa de descalçar total do sistema automático em linha. | 44 |
| Figura 19 - Uso de mão-de-obra para solucionar problemas do equipamento de descalçar total (Yicheng Machinery, 2016)..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 20 - Equipamento de descalçar total para sistemas automáticos em lote (IMGSA GROUPE, 2016). | 46 |
| Figura 21 - Ilustração do funcionamento do equipamento de Descalçar total para sistemas automáticos em lote..... | 46 |
| Figura 22 - Processo standard de fabrico de luvas descartáveis | 57 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Métodos racionais mais utilizados atualmente e respetiva abordagem | 19 |
| Tabela 2 - A Mecatrónica é definida por três principais disciplinas. | 21 |
| Tabela 3 - Distinção entre os três tipos de fluxo..... | 22 |
| Tabela 4 - Exemplos de normas europeias de máquinas relevantes (Comissão Europeia, 1989). | 33 |
| Tabela 5 - Propriedades típicas da borracha de Acrilonitrilo Butadieno (NBR) (Barlow, 1988). | 34 |
| Tabela 6 - Normas relevantes aplicáveis a luvas de proteção. Adaptado de (9). | 35 |

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, pretende-se contextualizar o ambiente em que o trabalho se desenvolveu, fazer uma apresentação clara e sucinta dos objetos e uma abordagem à organização do documento indicando a informação contida em cada capítulo.

1.1 Enquadramento do trabalho

A presente dissertação de mestrado realiza-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, com especialização em Mecatrónica, da Universidade do Minho, e apresenta o estudo e desenvolvimento de duas etapas para o processo de produtivo de uma linha de produção de luvas descartáveis.

O estudo dos dois sistemas é desenvolvido em parceria com a empresa ESI – Engenharia, Soluções e Inovação, sita em Esmeriz, Vila Nova de Famalicão, por meio da realização de um estágio curricular ao abrigo do Mestrado Integrado, com a duração de 10 meses. A ESI-Engenharia, Soluções e Inovação, Lda. é uma empresa de base tecnológica que tem por objetivo prestar apoio às empresas, tornando-as mais competitivas e rentáveis. A empresa é constituída por um departamento de I&D, capaz de criar conceitos inovadores e um corpo de engenharia completo, com valências nas áreas de mecânica, automação industrial e robótica. Aplica conceitos de Indústria 4.0 e oferece ao mercado um serviço “chave na mão” desde o projeto, passando pela produção, instalação e serviço pós-venda.

O projeto desta linha de produção denomina-se como “Projeto Nitro” e incide na necessidade de uma empresa cliente, Raclac S.A, para o projeto e construção de uma unidade produtiva de luvas descartáveis. A Raclac S.A., sediada em S. Tiago da Cruz, Vila Nova de Famalicão, é especializada na conceção, fabrico e comercialização de produtos descartáveis para a área da saúde, indústria e estética. Este projeto consiste na criação de uma linha de produção mediante processos inovadores e vanguardistas, com uma linha de produção totalmente automática. Este tipo de unidade produtiva é inovador a nível europeu, uma vez que, atualmente, o comércio de luvas descartáveis na Europa está dependente da produção destas nos países asiáticos.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho a desenvolver prende-se com o projeto e desenvolvimento de duas etapas para uma unidade industrial de luvas descartáveis, para a qual é necessário desenvolver um sistema que execute o processo de *Beading* e um segundo que execute o “Descalçar total” da luva dos moldes. O sistema de *Beading* insere-se numa etapa da linha de produção e permite fazer o engrossamento do topo da luva, com o propósito de aumentar a resistência da mesma e a aderência à mão do utilizador. O processo de “Descalçar total” consiste na retirada total das luvas dos seus moldes cerâmicos e a sua colocação num transportador de forma organizada para que possa prosseguir para as etapas seguintes. Para o desenvolvimento e realização destas etapas, numa primeira fase, é necessário perceber o processo de produção das luvas de látex, de forma a entender as suas diferentes etapas de produção, a disposição e constituição dos diferentes elementos da linha de produção e os requisitos de qualidade que o produto deverá evidenciar.

Numa segunda fase do trabalho, deve ser definido, através do projeto e desenvolvimento de várias soluções, a solução final para o sistema em estudo, o qual deve dar resposta ao problema, de acordo com as especificações de projeto definidas inicialmente.

Por fim, é necessário proceder à construção e implementação da solução adotada, através da execução de protótipos, efetuar testes à solução desenvolvida na linha-piloto de testes e determinar as características de funcionamento e especificações do equipamento final para cada sistema.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por 7 capítulos. De seguida, é apresentada uma breve revisão de cada capítulo.

O Capítulo 1, o presente, introduz os assuntos inerentes à redação da dissertação. É o caso do enquadramento do trabalho, com a apresentação da empresa onde foi realizado o estágio, os objetivos da dissertação, a explanação da estrutura adotada e o contributo do trabalho.

No Capítulo 2, apresenta-se uma revisão bibliográfica pertinente ao estudo em análise, com especial enfoque no processo de projeto da engenharia, onde se abordam conceitos teóricos relacionados com o projeto mecatrónico, nomeadamente filosofias de projeto, com a descrição das diferentes fases que

constituem o mesmo. Posteriormente, abordam-se questões relacionadas com o projeto para a montagem e manufatura e segurança de equipamentos, onde se faz uma abordagem à diretiva máquina (2006/42/CE). Por fim, faz-se um estudo do mercado, relativamente aos processos de produção de luvas descartáveis e soluções existentes que permitam compreender as potencialidades e as limitações dos processos em estudo.

No Capítulo 3, faz-se uma apresentação do projeto da unidade fabril em questão, com o enquadramento do ambiente de fábrica e dados relevantes ao desenvolvimento das etapas requeridas.

O Capítulo 4 é o ponto de partida para o desenvolvimento das soluções concetuais, onde se definem os objetivos, especificações e diagramas de funções de cada sistema. Neste capítulo, abordam-se as principais soluções desenvolvidas e a escolha da melhor solução para cada problema.

O Capítulo 5 inicia o projeto preliminar das soluções obtidas, com a apresentação do equipamento desenvolvido, princípios básicos de funcionamento e a sua sequência de funcionamento na linha-piloto. É apresentado, também, o projeto mecânico, elétrico e pneumático de cada equipamento.

No Capítulo 6, faz-se referência à fase do projeto de detalhe, onde se faz a descrição completa de todos os componentes que constituem os equipamentos, no que diz respeito a desenhos de engenharia detalhados, desenhos de montagem e listas de materiais.

No Capítulo 7, faz-se a apresentação dos equipamentos construídos, com a análise da validação dos equipamentos na linha-piloto. Por fim, abordam-se os principais parâmetros que influenciam a eficiência dos equipamentos e a definição das configurações e parâmetros a serem controlados para os sistemas finais.

Finalmente, no Capítulo 8, são apresentadas algumas conclusões e considerações finais.

1.4 Contributo do trabalho

O desenvolvimento dos equipamentos envolveu uma equipa organizada, constituída por elementos formados em diferentes áreas de conhecimento. O desenvolvimento dos equipamentos aborda diferentes

fases e funções, desde o contacto com o cliente, idealização do equipamento, projeto concetual e detalhado, montagem mecânica e pneumática, eletrificação, programação da consola interativa, integração dos protótipos na linha-piloto, entre outros.

A contribuição no trabalho final concentrou-se na idealização das soluções para cada sistema, no projeto concetual e detalhado dos equipamentos, na montagem mecânica e pneumática e no acompanhamento e responsabilidade na validação dos equipamentos na linha-piloto em conjunto com o cliente. A programação e eletrificação dos equipamentos não fazem parte do trabalho desenvolvido por parte do autor desta dissertação.

O desenvolvimento do equipamento de descalçar total foi realizado em parceria com outro aluno em dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, responsável pelo desenvolvimento do descalçar parcial da luva e pela construção de uma estrutura que permite fazer a interligação do sistema de descalçar parcial e descalçar total da luva.

2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo aborda conceitos teóricos que fundamentam o trabalho desenvolvido na elaboração da dissertação, estando dividido em três subcapítulos, que visam uma apresentação do processo de projeto da engenharia, da segurança e normalização e do estudo de mercado.

2.1 Processo de projeto da engenharia

Este subcapítulo tem como objetivo uma abordagem às metodologias de projeto existentes para o desenvolvimento do projeto, que serviram de base para a realização da dissertação. Nele, são abordadas as três principais fases do projeto - o projeto conceitual, o projeto de realização/preliminar e o projeto detalhado.

2.1.1 Projeto conceitual

O projeto conceitual é o processo pelo qual o projeto é iniciado, começando pela criação de várias soluções até à escolha do melhor conceito. Ao longo do tempo, foram sendo desenvolvidos mapas ou modelos para guiar o projetista no projeto de um equipamento. Alguns desses modelos simplesmente descrevem a sequência de atividades que tipicamente ocorrem no processo do projeto, designados por modelos descritivos, enquanto outros tentam explorar mais aprofundadamente as atividades que constituem o projeto, designados por modelos prescritivos.

Os modelos descritivos realçam, geralmente, a importância da geração de uma solução conceitual no início do processo. A solução inicial é, posteriormente, sujeita a análise, avaliação, refinamento e desenvolvimento da mesma. Contudo, a fase de avaliação poderá não conduzir diretamente à fase de comunicação da solução final, sendo necessária a escolha de uma nova solução. Para isso, requer-se um retorno iterativo entre as fases de avaliação e de geração da solução. Um modelo descritivo simples do processo inerente ao projeto é obtido com base nas atividades essenciais que um projetista realiza. O fim do processo é a comunicação da solução final, onde o produto se encontra pronto para ser fabricado. Este modelo pode ser aplicado através de quatro etapas que se encontram representadas no fluxograma da Figura 1, com a abordagem mais simplista de um modelo desta tipologia (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

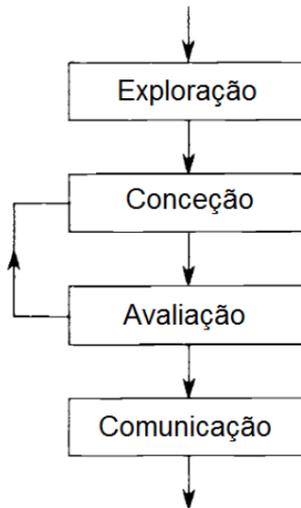


Figura 1 - Fluxograma do modelo de 4 etapas (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

Os modelos prescritivos oferecem um procedimento sistemático e são, muitas vezes, considerados como ferramentas que proporcionam uma metodologia de projeto. Estes modelos assentam na necessidade de um trabalho mais analítico, antes da geração da solução concetual para que nenhum aspeto importante seja descurado da análise.

Estes modelos sugerem uma estrutura básica do tipo Análise – Síntese – Avaliação. Análise refere-se à listagem de todos os requisitos de conceção e redução destes a uma série de especificações de desempenho. Síntese é a determinação de possíveis soluções para cada uma das especificações. Por último, Avaliação é referente à análise da viabilidade das soluções alternativas no cumprimento dos requisitos de desempenho, custo e vendas, antes da solução final ser selecionada (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

i. Metodologia do projeto

A metodologia de projeto é constituída por todos os procedimentos, técnicas, ajudas ou ferramentas que o projetista poderá usar e combinar entre si para a concretização de um projeto (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

A utilização dos diferentes métodos permitiu desenvolver uma linha racional ao longo do projeto, desde a clarificação dos objetivos até à avaliação das diferentes alternativas, culminando com a escolha da melhor solução. Estes métodos podem ser agrupados, genericamente, em dois grandes grupos:

- Métodos criativos;
- Métodos racionais.

Existem vários métodos que são usados para estimular o pensamento criativo, com o intuito de aumentar o fluxo de ideias e alargar o âmbito de procura de soluções. Exemplos de métodos criativos são o *Brainstorming*, a Sinética e a TRIZ (Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos).

Os métodos racionais são os que definem normalmente a metodologia de projeto, pois incentivam uma abordagem sistemática (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

Existe uma enorme variedade de métodos racionais que abordam todos os aspetos do projeto, desde a clarificação do problema até ao projeto de detalhe. Os métodos mais relevantes e vulgarmente mais usados atualmente são a seguir apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Métodos racionais mais utilizados atualmente e respetiva abordagem

| | |
|---------------------------------------|---|
| Método da Árvore de Objetivos | Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto |
| Método da Análise de Funções | Estabelecimento da estrutura de funções do produto |
| Método da Especificação do Desempenho | Estabelecimento das especificações do produto |
| Método dos Mapas Morfológicos | Criação de soluções alternativas |
| Método da Engenharia de Valor | Aperfeiçoamento de detalhes |

A Figura 2 representa o fluxo de projeto que, comumente, se utiliza neste tipo de métodos, onde é possível observar as relações existentes entre as etapas.

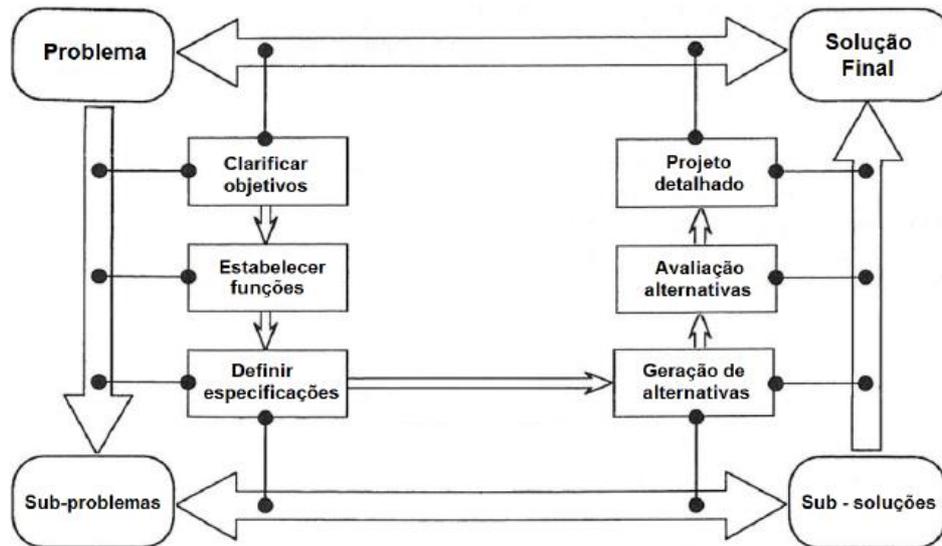


Figura 2 - Fluxo de projeto normalmente utilizado nos métodos racionais (Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2008).

ii. Projeto Mecatrónico

Neste subcapítulo, faz-se uma abordagem à metodologia de projeto apresentada pela norma VDI 2206 para um sistema mecatrónico. O objetivo desta norma é fornecer uma metodologia de suporte para o desenvolvimento interdisciplinar de sistemas mecatrónicos. Os aspetos principais desta norma são o fornecimento de métodos, procedimentos e ferramentas para a fase inicial do desenvolvimento do produto, concentrando-se no projeto do sistema e na qual se baseia a presente dissertação. O resultado da aplicação desta norma é a garantia da materialização do conceito de sistema mecatrónico.

Introdução à Mecatrónica

É possível afirmar-se que a economia global é caracterizada por uma rápida inovação, onde os ciclos de desenvolvimento e de vida dos produtos têm vindo a ser encurtados. Em sentido contrário, as expetativas dos clientes têm sido aumentadas, sendo que cada vez mais desejam produtos com qualidade e bom desempenho, mas requerem-nos a um preço diminuto. A isto, acrescenta-se o facto de que a inovação contribui para que um determinado produto mantenha um determinado patamar no mercado. O projeto mecatrónico possibilita a inovação e a obtenção de novos produtos com elevado potencial de sucesso, proporcionando novas soluções que melhoram a relação preço-benefício e estimulam a criação de novos produtos (Society German Engineers, 2004).

A mecatrónica é vista como uma cooperação entre ramos de engenharia englobando a integração da engenharia mecânica, eletrónica e de computação. Apesar de ainda não existir uma definição *standard* do termo “Mecatrónica”, pode verificar-se, por diferentes autores, que esta se define pelas três principais disciplinas que a integram, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - A Mecatrónica é definida por três principais disciplinas.

| | |
|----------------------------------|---|
| Sistemas Mecânicos | <ul style="list-style-type: none"> • Estruturas mecânicas; • Transmissão de movimento; • Engenharia de precisão. |
| Sistemas Eletrónicos | <ul style="list-style-type: none"> • Eletrónica de potência; • Processamento de sinal; • Tecnologias de atuação. |
| Tecnologias de Informação | <ul style="list-style-type: none"> • Teoria de Sistemas; • Automação; • Engenharia de <i>Software</i>; • Inteligência artificial. |

Norma VDI 2206

A norma VDI 2206 está dividida nas quatro secções a seguir apresentadas.

1. Introdução;
2. Introdução ao desenvolvimento dos sistemas mecatrónicos;
3. Metodologia de desenvolvimento mecatrónico;
4. Exemplos de aplicação.

A Introdução trata da definição dos objetivos e diretrizes principais. Na Introdução ao desenvolvimento dos sistemas mecatrónicos, é definido o conceito de Mecatrónica, assim como é esclarecida a sua importância, para além da apresentação da estrutura de um sistema mecatrónico. A Metodologia de desenvolvimento mecatrónico corresponde à parte nuclear da norma, onde está compreendido o modelo de processo em três diferentes partes, sendo o modelo do sistema, as ferramentas IT e, ainda, a organização. Esta secção trata, ainda, do Microciclo e do Modelo em V. Por último, a quarta secção retrata quatro exemplos de aplicação da guia.

O segundo capítulo da norma refere que um sistema mecatrónico, de um modo simplificado, é constituído por um sistema base, sensores, atuadores e processamento de informação.

O sistema base é, normalmente, uma estrutura mecânica, eletromecânica, hidráulica, pneumática ou, então, uma combinação destes. Os sensores determinam o estado selecionado das variáveis do sistema base, devendo estes fornecer às variáveis de entrada as informações em processamento. O processamento da informação determina os efeitos necessários para influenciar as variáveis de estado do sistema base da maneira desejada, sendo que a implementação dos efeitos ocorre por ação dos atuadores diretamente sobre o sistema básico. O processamento da informação pode ser ligado a outras unidades de processamento de informação através de uma comunicação do sistema.

As relações entre os vários subsistemas mencionados anteriormente, representados, graficamente, na Figura 3, podem ser representadas por fluxos. Desta forma, na Tabela 3, é feita a distinção entre três tipos de fluxo (Society German Engineers, 2004).

Tabela 3 - Distinção entre os três tipos de fluxo

| | |
|----------------------------|--|
| Fluxo de material | Exemplos de materiais que fluem entre os subsistemas podem ser corpos sólidos, objetos sob teste, objetos em tratamento, gases, líquidos, entre outros; |
| Fluxo de energia | A energia, neste contexto, deve ser entendida como qualquer tipo de energia, tais como a energia mecânica, térmica ou elétrica e variáveis como é o caso da força ou corrente. |
| Fluxo de informação | Exemplos da informação trocada entre os vários subsistemas são variáveis medidas, controlo de pulsos ou dados. |

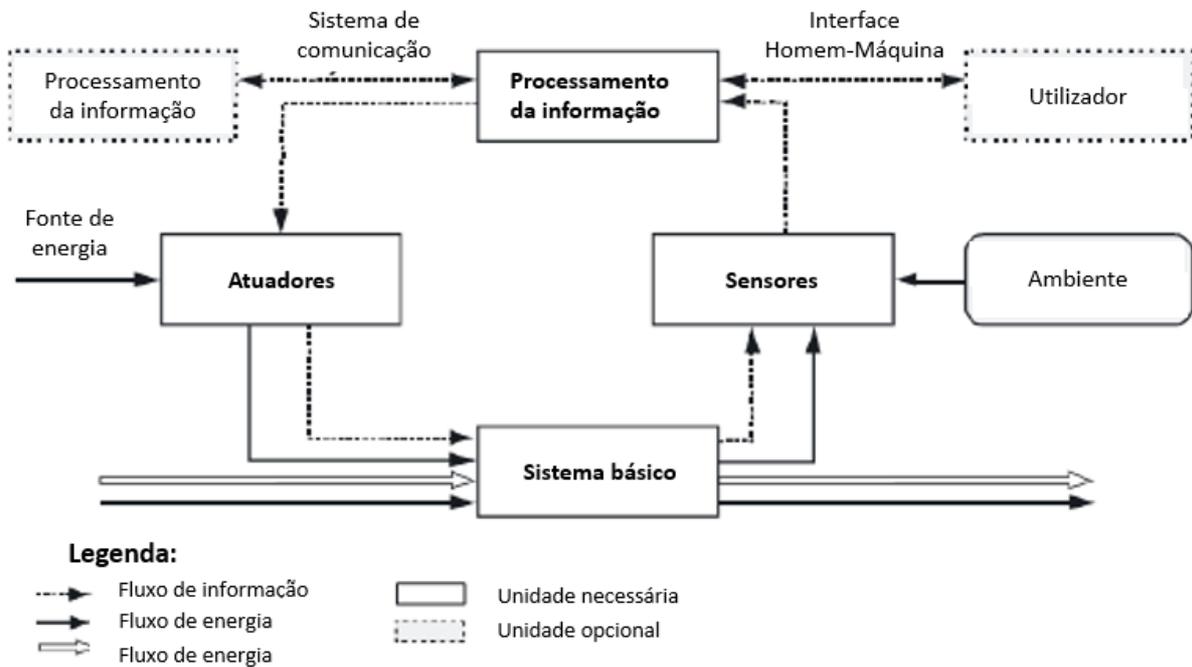


Figura 3 - Estrutura básica de um sistema mecatrónico (Society German Engineers, 2004).

a) Modularização e hierarquia

Os sistemas mecatrónicos complexos são constituídos, geralmente, pela integração sinérgica de vários módulos mecatrónicos, isto é, elementos de sistemas ou componentes que são combinados em grupos, de forma a efetuarem uma função específica do sistema. Como estes módulos são compostos e representam diferentes funções, torna-se significativo não só criar esta integração em módulos, mas, também, recorrer ao princípio de ordenação hierárquico (Society German Engineers, 2004).

b) Metodologia de desenvolvimento mecatrónico

As investigações feitas a nível prático industrial e os resultados obtidos pelo projeto empírico realizados ao longo dos anos tornaram claro que não existe uma forma única e canonizável para definir as etapas do processo de um projeto, isto é, não podem ser concebidas regras fixas para que os projetistas possam seguir no decorrer do desenvolvimento do projeto. Assim, esta norma propõe um modelo processual flexível, suportado por três elementos:

- Ciclo de resolução de problemas;
- Modelo em V;
- Módulos de processo predefinidos para etapas de trabalho recorrentes no desenvolvimento de sistemas mecatrónicos.

c) Ciclo de resolução de problemas

Com este ciclo pretende-se proporcionar uma base de suporte para a resolução de problemas que ocorrem durante o desenvolvimento de soluções para as funções pretendidas.

Como se pode verificar pela Figura 4, este ciclo inicia com uma análise de situação ou com uma adoção de objetivos, dependendo se o projeto será feito a partir de requisitos obtidos de uma fonte externa (estrutura ideal utilizada como base) ou se será feito a partir de uma estrutura existente, sendo os objetivos formulados com base nessa estrutura (estrutura existente utilizada como base).

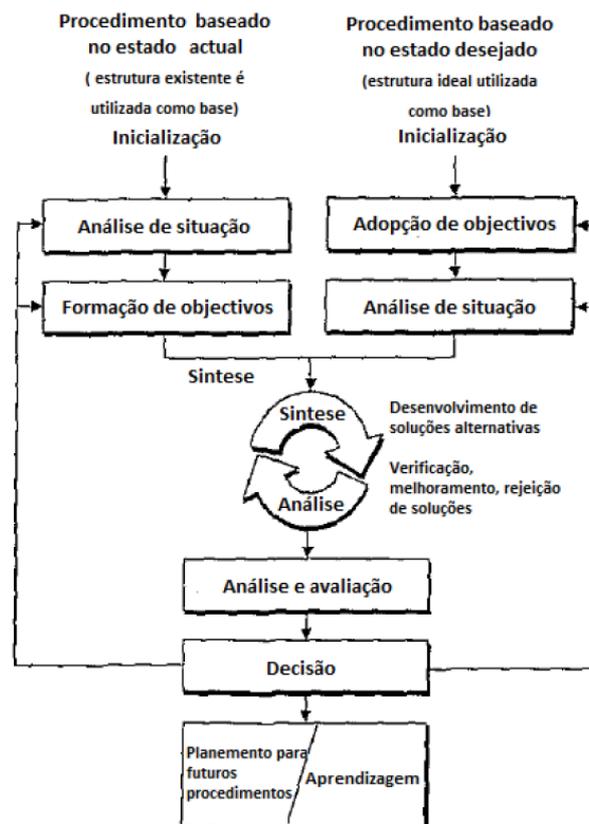


Figura 4 - Ciclo de resolução de problemas. Adaptado de (1)

Na análise e síntese realiza-se a procura de soluções para um dado problema, este processo apresenta-se como uma contínua troca entre os passos de síntese e análise de forma a se chegar a soluções alternativas. Assim, na procura de soluções, é possível que se identifiquem aspetos adicionais que definem o problema, os quais requerem que se retorne à situação de análise e definição de objetivos. De seguida tem-se a análise e a avaliação das várias soluções obtidas na etapa anterior. Para tal, as propriedades individuais de cada solução são analisadas, tendo por base as especificações anteriormente definidas, através da realização de cálculos, simulações, experimentação, entre outros. Esta avaliação

tem como resultado o fornecimento de propostas ou recomendações de uma ou mais alternativas de soluções para que se possa tomar uma decisão.

Com a tomada de decisão, deve ser estabelecido se todo o processo de resolução de problema precedente deu origem a um resultado satisfatório, se este não for o caso, torna-se necessário recomeçar todo o processo feito até este ponto. No entanto, se o resultado se mostrar satisfatório, será escolhida uma solução. De seguida, é feita uma retrospectiva de como o todo este processo correu, aproveitando benefícios que o processo forneceu e corrigindo os erros cometidos para que processos futuros sejam sistematicamente melhorados.

d) Modelo em “V”

Segundo a norma VDI 2206, o desenvolvimento de um produto mecatrónico segue um modelo em “V”. Este modelo descreve a sequência lógica dos passos a tomar no desenvolvimento de um sistema mecatrónico. A Figura 5 apresenta um diagrama deste mesmo modelo.

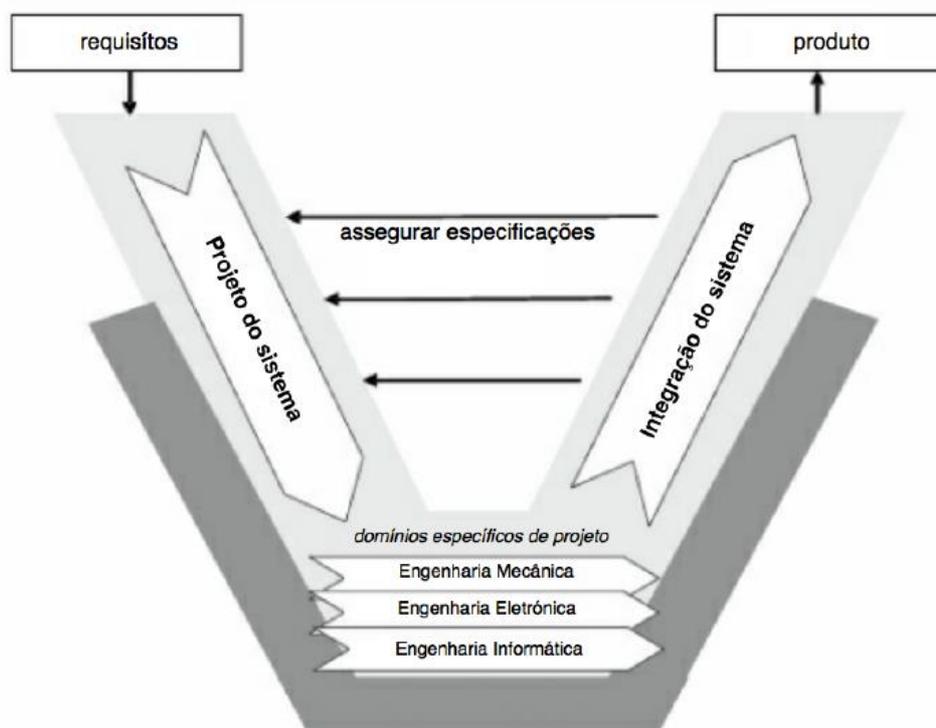


Figura 5 - Diagrama em “V” de acordo com a norma VDI 2206. Adaptado de (1).

Neste modelo em “V”, o ponto de partida fixa-se na definição de requisitos. Estes são transformados em especificações, nos quais o objeto a ser trabalhado é baseado mais pormenorizadamente e onde se definem as características métricas que o sistema final terá de satisfazer. Estas especificações, ao

mesmo tempo, funcionam como uma forma de medida a que as características do produto final terão de ser comparadas, de forma a garantir a satisfação dos objetivos delineados.

O projeto do sistema tem como objetivo estabelecer um conceito de solução interdisciplinar que permita descrever as características físicas e lógicas de operação do sistema a criar. Para este propósito, divide-se o produto numa estrutura de funções a qual pode ser dividida num conjunto de subfunções em que se procurará encontrar soluções para cada subfunção e em que no final se encontra uma possível solução global. O processo de encontrar soluções é um processo iterativo e moroso que representa grande parte do desenvolvimento do produto mecatrónico.

Nos domínios específicos do projeto é onde ocorre a concretização das soluções obtidas anteriormente específicas para cada domínio técnico, assegurando o desempenho de cada função. A integração do sistema consiste na união dos resultados individuais obtidos dos vários domínios específicos e a eliminação das incompatibilidades de forma a se obter a melhor solução final possível. Assim neste ponto do processo são realizados testes ao comportamento do resultado obtido, desde testes de comportamento e segurança, tais como, a modelação do sistema onde se estuda os comportamentos dinâmicos, problemas de aquecimento e vibrações, resistência mecânica dos componentes, entre outros, à elaboração do fabrico de componentes, análise estrutural, controlo e qualidade e certificação, tendo em conta que, ao longo de todo este processo, seja feita uma constante comparação de propriedades com as especificações inicialmente definidas.

O modelo em V, apresentado na Figura 5, está dividido em sete etapas principais seguidamente apresentadas.

1. Requisitos

O ponto de partida é formado por uma ordem de desenvolvimento. O objetivo é especificado da forma mais precisa e é descrito sob a forma de exigências.

2. Conceção do sistema

O objetivo é o estabelecimento de um conceito de solução que descreva as principais características operacionais, físicas e lógicas. Para este efeito, a função geral do sistema é dividida em subfunções principais.

3. Conceção do domínio específico

Com base no conceito da solução desenvolvida em conjunto é necessário assegurar o desempenho da função associada a um domínio específico.

4. Modelação e análises do modelo

Definição das propriedades do sistema com auxílio a modelos e ferramentas assistidas por computador de forma a realizar simulações. Para isso, são realizados modelos físicos, modelos matemáticos e modelos numéricos.

5. Sistemas de integração

Os resultados dos domínios individuais são integrados para formar um sistema global de modo a que a interação seja investigada.

- Integração dos componentes distribuídos: componentes como sensores e atuadores de alimentação estão ligados um ao outro através de um sinal e a energia flui com auxílio a sistemas de comunicação.
- Integração modular: o sistema global é constituído por módulos de funcionalidade definida e de dimensões uniformizadas. O acoplamento ocorre através de utilização de interfaces unificadas.
- Integração espacial: Todos os componentes são espacialmente integrados formando, assim, uma unidade funcional complexa. Isto é, a incorporação de todos os elementos de um sistema de acionamento (motor, controlador, atuador de potência e elemento operacional) num invólucro.

6. Garantia de propriedades

Com o avanço do projeto, os progressos alcançados são controlados ininterruptamente com base no conceito da solução anteriormente especificada e nos requisitos. Consequentemente, durante o processo deve assegurar-se que as propriedades reais do sistema coincidem com as propriedades desejadas para o mesmo. Esta etapa encontra-se dividida em duas sub-etapas, sendo realizada uma verificação, onde é averiguado se o que foi realizado corresponde ao que é especificado, e uma validação, onde o produto é testado de forma a saber se este é adequado para a sua finalidade pretendida.

7. Produto final

É o resultado do microciclo contínuo. Neste caso, pode não se tratar do produto acabado, pois este passará por um período de maturação, onde se realizam melhorias ao mesmo. Trata-se, porém, de uma amostra funcional. O produto final, normalmente, não se produz através da realização de um microciclo, antes pelo contrário, este é resultado de um vasto número de ciclos necessários.

2.1.2 Projeto de realização/preliminar

Após a realização do projeto conceitual, descrito no Subcapítulo 2.1.1, que permite a criação de várias soluções e termina com a escolha do melhor conceito, segue-se a fase do projeto de realização do mesmo.

Nesta fase do projeto, é necessário garantir que todas as funções definidas para o produto devem ser realizadas. É nesta fase que decisões são tomadas no que diz respeito à seleção de materiais, tamanhos, formas, resistência, compatibilidade de espaço, entre outras características. O projeto de realização é frequentemente chamado de projeto preliminar e é baseado em três tarefas principais, que são a seguir apresentadas (Dieter & Schmidt, 2009).

- **Arquitetura do produto**

Divisão o sistema total a projetar em subsistemas ou módulos. Nesta etapa, é decidido como os componentes físicos devem ser organizados e combinados para realização dos requisitos funcionais do projeto (Dieter & Schmidt, 2009).

- **Projeto de configuração de peças e componentes**

Determinação das geometrias que devem estar presentes e a forma como estas se relacionam umas com as outras. A modelação e simulação são realizadas nesta fase, de uma forma aproximada, para a verificação das funções e de constrangimentos de espaço. Também, a especificação de materiais e processos de fabrico são definidos nesta etapa. A construção de um modelo físico, através de processos de prototipagem rápida, deve ser considerada para uma validação real do conceito. (Dieter & Schmidt, 2009)

- **Projeto paramétrico**

Estabelecimento das dimensões e tolerâncias exatas da peça. O projeto paramétrico inicia com a informação das configurações das mesmas. Um aspeto importante do projeto paramétrico é a examinação da peça, a montagem e o sistema para a robustez do projeto. A robustez representa a consistência com que um componente executa a sua função sob condições variadas no seu meio ambiente (Dieter & Schmidt, 2009).

É imprescindível que, durante esta fase do projeto, na qual se definem geometrias, dimensionamentos e tolerâncias, não sejam considerados aspetos relevantes com vista à manufatura e à posterior montagem dos mesmos. Guias generalizadas foram desenvolvidas para o projeto de manufatura (DFM)

e projeto de montagem (DFA) para se obter projetos de qualidade, robustos e de baixo custo-efeito (Dieter & Schmidt, 2009).

i. Projeto para a Manufatura (DFM)

Com o objetivo de auxiliar o projetista no desenho do equipamento, as guias DFM estabelecem normas de boas práticas de projeto que foram empiricamente adotadas com a experiência de trabalho. Neste sentido, fixam-se sete aspectos fundamentais que são, seguidamente, apresentados (Dieter & Schmidt, 2009).

1. Minimizar o número de componentes

Um número reduzido de componentes a fabricar, montar e, entre outras tarefas, inspecionar facilita o processo de projeto. A redução não deve ir para além do limite a partir do qual os componentes se tornem demasiados complexos de fabricar ou de inviabilizar as especificações do projeto.

2. Usar componentes *standard*

Os custos são minimizados e a qualidade é melhorada com o uso de componentes *standard* comerciais.

3. Usar componentes semelhantes no mesmo equipamento

Facilita o fabrico do equipamento e baixa o custo dos componentes.

4. Estabelecer dimensões *standard*

Estabelecer, por exemplo, o tamanho dos parafusos num determinado componente simplifica o processo de montagem e também o seu fabrico.

5. Criar componentes de geometria simples

Criar soluções com geometrias o mais simples possível, para se obter componentes "*near net shape*" mais facilmente.

6. Evitar tolerâncias apertadas

Especificar tolerâncias demasiado apertadas que são realmente necessárias resulta num aumento do custo de produção evitável.

7. Minimizar operações secundárias e de acabamento

Estas operações só devem ser usadas quando há uma razão funcional que o justifique.

ii. Projeto para a Montagem (DFA)

O grande objetivo da montagem é que seja fácil e rápida de se realizar. A operação de montagem de componentes está dividida em duas operações principais:

- Manuseamento (agarrar, orientar e posicionar);
- Acoplamento/Inserção do componente.

O custo da montagem é função da quantidade de componentes do produto e do grau de complexidade relativo ao seu manuseamento e acoplamento. Os procedimentos a ter em conta no projeto para a montagem podem ser divididos em três categorias diferentes que conduzem à obtenção de um processo eficaz e eficiente, que são apresentadas de seguida (Dieter & Schmidt, 2009).

1. Orientações gerais

- Minimização do número de componentes;
- Diminuição da quantidade de trabalhos a realizar numa determinada posição;
- Agrupar componentes em subconjuntos;
- Utilizar sistemas à prova de erro (*Poka-yoke*);

2. Orientações de manuseamento

- Projetar de forma a facilitar o manuseamento e o acoplamento;
- Minimizar a utilização de sistemas de ligação e fixação.

3. Orientações para o acoplamento

- Minimizar a direção de montagem (apenas permitir a montagem numa direção);
- Não obstruir zonas de aparafusamento ou de acesso difícil;
- Minimizar a força humana necessária ao acoplamento de componentes.

2.1.3 Projeto detalhado

O projeto detalhado é a última fase e leva o projeto para uma descrição completa de engenharia onde cada peça e cada componente *standard* contêm uma especificação. Na fase do projeto de detalhe as atividades a seguir listadas são concluídas e os documentos são preparados (Dieter & Schmidt, 2009):

- Desenhos de engenharia detalhados adequados para a fabricação;
- Teste de verificação de protótipos concluídos com êxito com recolha de dados;
- Desenhos de montagem, instruções de montagem e lista de materiais;
- Especificação detalhada do produto, atualizada com todas as alterações feitas desde a fase do projeto concetual;
- Decisões sobre o fabrico de peças internamente ou encomendar a um fornecedor externo;
- Com a informação precedente, um custo estimado detalhado do produto deve ser realizado.

Por fim, o projeto detalhado conclui-se com uma revisão prévia à decisão de passar as informações para fabricação.

2.2 Segurança e normalização

A segurança das máquinas e dos utilizadores depende em grande medida da correta aplicação das diretivas e normas. Estas diretivas definem objetivos e requisitos essenciais de segurança e saúde para a conceção e construção de máquinas a nível da União Europeia e foram formadas da maneira mais neutra possível no que diz respeito aos aspetos tecnológicos. A segurança de máquinas é atualmente regulada pela Diretiva Máquina (Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho) que estabelece um conjunto de regras reguladoras de mercado privilegiando a integração de segurança no projeto, apoiadas em especificações técnicas reconhecidas (normas harmonizadas) (Comissão Europeia Empresas e Indústria, 2010).

2.2.1 Diretiva Máquina (2006/42/CE)

A Diretiva Máquina 2006/42/CE é dirigida aos fabricantes e à comercialização de máquinas e componentes de segurança e estabelece ações necessárias para o cumprimento dos requisitos de segurança e saúde de máquinas, permitindo a livre circulação de produtos no mercado Europeu e garantindo um elevado nível de proteção da Saúde e Segurança.

No contexto de segurança distinguem-se três tipos de normas, a seguir apresentadas (Comissão Europeia Empresas e Indústria, 2010).

- Normas A - Essenciais de Segurança

Especificam os conceitos básicos, a terminologia e princípios de conceção aplicáveis a todas as categorias de máquinas.

- Normas B - Categorias de Segurança

Abordam aspetos específicos de segurança das máquinas ou tipos específicos de meios de proteção que podem ser usados numa vasta gama de categorias de máquinas. Estas normas dividem-se em dois tipos: Normas B1 (para aspetos específicos de segurança) e Normas B2 (para dispositivos de segurança).

- Normas C - Requisitos de Segurança

Fornecem todas as especificações para uma determinada categoria de máquinas.

Quando existe uma norma de tipo C específica para um determinado tipo de máquina, essa norma sobrepõe-se às normas de tipo A e B.

Na Tabela 4 é possível analisar exemplos de normas relevantes para cada tipo de norma de segurança para esta dissertação.

Tabela 4 - Exemplos de normas europeias de máquinas relevantes (Comissão Europeia, 1989).

| | | | | |
|-------------------------------------|----------------|---|---|--|
| Normas básicas de segurança | Normas tipo A | Segurança de máquinas EN ISO 12100 | Avaliação de riscos EN ISO 14121 | |
| Grupo de normas de segurança | Normas tipo B1 | Distâncias de segurança EN ISO 13857 | Segurança – Relacionada com a parte de sistema de controlo EN 62061 | Dispositivos de proteção EN ISO 13849 |
| | Normas tipo B2 | Dispositivos de paragem de emergência EN ISO 13850 | Equipamento elétrico de máquinas EN 60204-1 | Projeto e construção de proteções (fixas e móveis) EN 61 EN ISO 14120 |
| Normas especializadas | Normas tipo C | Robôs industriais EN ISO 10218 | Sistemas de movimentação contínua EN 620 | Máquinas para borracha e materiais poliméricos EN 13418 |

2.3 Estudo de mercado

Este capítulo incide sobre o estudo de mercado realizado para identificar as características do produto a trabalhar, os principais processos de produção de luvas descartáveis existentes e as soluções existentes para a realização do enrolamento do topo da luva e o descalçar total da luva do molde.

2.3.1 Luva de látex

O látex (ou borracha) é uma substância natural líquida e esbranquiçada extraída maioritariamente de uma árvore, denominada por Seringueira (*Hevea brasiliensis*). O látex é normalmente descrito como um

material que apresenta propriedades elásticas. Os produtos constituídos por esta matéria têm uma estrutura química dimensional flexível e estável e são capazes de resistir a grandes deformações.

Além do látex natural, é possível encontrar versões sintéticas, produzidas a partir de um processo industrial do petróleo. Tanto o látex natural como o sintético são utilizados para a fabricação de luvas industriais, clínicas, cirúrgicas, da indústria alimentar, entre outras.

As luvas de látex de ambas as géneses têm características similares. A grande diferença entre os dois reside no facto do látex natural não possuir tanta elasticidade e, por isso, apresentar menor sensibilidade ao toque. No entanto, como são mais resistentes, não se rompem com tanta facilidade, apresentando maior resistência a perfurações, rasgos e substâncias químicas (Barlow, 1988).

No presente projeto, as luvas são fabricadas a partir de látex sintético do tipo nitrilo (*NBR latex*). A Tabela 5 apresenta as propriedades típicas do látex NBR (Acrilonitrilo Butadieno).

Tabela 5 - Propriedades típicas da borracha de Acrilonitrilo Butadieno (NBR) (Barlow, 1988).

| Propriedade | Valores típicos |
|------------------------------------|-----------------|
| Densidade (g/cm ³) | 0.96 – 1.01 |
| Dureza (Shore A) | 30 -90 |
| Tensão de rotura (MPa) | 7 – 21 |
| Alongamento na rotura (%) | 600% |
| Deformação residual (%) | 10-20 |
| Temperatura mínima de serviço (C°) | -30 |
| Temperatura máxima de serviço (C°) | 125 |
| Resistência à abrasão | Excelente |
| Resistência ao rasgo | Boa |
| Impermeabilidade aos gases | Boa |
| Resistência a óleos | Excelente |

As luvas de látex são, normalmente, utilizadas para proteger as mãos e dedos de contaminações químicas, abrasão, choques elétricos, calor e contaminação por contato direto. Como é um produto que se utiliza como um equipamento pessoal de proteção, que pode estar em contato com químicos ou onde é necessário evitar contaminações, estes estão sujeitas ao cumprimento de um conjunto de normas e regras impostas, para que possam ser implementadas no mercado. Estas normas, definidas pela Diretiva

89/686/CEE, permitem garantir a qualidade da luva em diferentes parâmetros, como por exemplo, a permeabilidade química, degradação e propriedades mecânicas (Flickinger, 2006).

A Tabela 6 apresenta alguns tipos relevantes de proteção conferidos para este tipo de luvas e as suas respectivas normas aplicáveis.

Tabela 6 - Normas relevantes aplicáveis a luvas de proteção. Adaptado de (9).

| Norma | Designação |
|--------------|---|
| EN 420 | Requisitos gerais e métodos de ensaio |
| EN 388 | Proteção contra riscos mecânicos |
| EN 374 | Proteção contra agentes químicos e microrganismos |
| EN 374-2 | Resistência à penetração |
| EN 374-3 | Resistência à permeação |
| EN 374-4 | Resistência à degradação |
| EN 1149 | Proteção contra riscos eletrostáticos |
| EN 421 | Proteção contra riscos físicos |

2.3.2 Processo de produção de luvas de látex

O processo de produção de luvas de látex mais utilizado na indústria é o processo de imersão (*dipping process*), que consiste na deposição de látex à volta de um molde. Dentro deste processo, existem duas técnicas principais de mergulho: a técnica de imersão por coagulante (*coagulant dipping process*) e a técnica de imersão direta (*Straight dipping method*). A grande diferença entre estas duas técnicas encontra-se no modo em como o látex é depositado no molde, que influencia todo o processo de produção da luva.

O processo de imersão por coagulante é mais usado para a fabricação de luvas cirúrgicas, de exame ou industriais. Como o seu nome sugere, este método implica o uso de um agente coagulante que é depositado no molde antes de este mergulhar no látex. Neste caso, é feito apenas um mergulho no látex e a espessura do filme é dada pela duração que o molde fica dentro do látex (Plamthottam, 1996).

O processo de imersão direta é usado para fazer diversos produtos como, por exemplo, os preservativos, luvas de exame ou protetores singulares de dedo. Este processo consiste no mergulho de um molde limpo em látex, a secagem do filme depositado e o mergulho o molde novamente no látex. O mergulho e a secagem do filme repetem-se até que o número necessário de camadas seja alcançado de forma a atingir a espessura pretendida (Plamthottam, 1996).

O Projeto Nitro, abordado mais à frente neste documento, utiliza, como processo de produção, a imersão por coagulante e, portanto, é de relevância o estudo dos sistemas de operação mais utilizados por esta técnica. Os sistemas de operação mais utilizados neste método de mergulho são o sistema automático em linha, representado na Figura 6, e o sistema automático em lote, como é possível ver na Figura 7. Para estes dois sistemas, a sequência de etapas do processo de produção é semelhante, sendo que apenas diferem no modo como se realiza a manipulação do molde ao longo do processo de produção. No **Anexo I** faz-se uma explicação detalhada do processo padrão de produção de luvas pela técnica de imersão por coagulante.



Figura 6 - Sistema automático em linha utilizado no processo de produção de imersão por coagulante (LAVANITRAS SDN BHD, 2016).



Figura 7 - Sistema automático em lote utilizado no processo de produção de imersão por coagulante (COSMOS ENGINEERING MALAYSIA, 2020).

Os sistemas de processamento automático em linha também, geralmente, conhecidos por sistemas de corrente contínua, oferecem capacidades de altos volumes de produção para uma luva padrão e com parâmetros de processo bem definidos. Este sistema é o mais utilizado no mercado e apresenta baixa flexibilidade, uma vez que cada etapa é projetada para os movimentos contínuos e velocidades constantes da linha (DipTech Systems, Inc., s.d.).

O sistema de processamento automático em lote oferece a capacidade de desenvolver manipulações complexas e fornecer variabilidade para diferentes tamanhos de produto, geometria e polímero. Este sistema oferece capacidades de volume mais baixa que o sistema em linha pois a manipulação dos moldes é mais complexa e envolve velocidades mais baixas. Assim, os sistemas em lote oferecem mais flexibilidade, permitindo que os parâmetros do processo sejam alterados através do sistema de controle, conforme as propriedades obtidas do produto em tempo real (DipTech Systems, Inc., s.d.).

O Projeto Nitro alinha na base de um sistema de processamento automático em lote aliado a uma capacidade de produção de altos volumes de produto. Com o objetivo de perceber o contexto onde serão inseridas as etapas a desenvolver faz-se, no **Anexo II**, uma descrição breve das diferentes etapas da linha de produção projetada.

2.3.3 Soluções existentes

Após a execução de um estudo de mercado, apresentam-se as soluções já existentes para a mesma finalidade das etapas em estudo. Estas devem ser analisadas para que, no projeto do novo equipamento, seja possível inovar e melhorar o que já existe.

i. Equipamentos de Beading

O *beading* diz respeito ao engrossamento e enrolamento do topo da luva e tem como objetivo aumentar a resistência da mesma e melhorar a aderência ao utilizador ao calçar. Na Figura 8, é possível verificar um exemplo deste enrolamento do topo da luva.



Figura 8- Exemplo de beading numa luva de látex.

Para o tipo de sistema automático em linha, o molde é transportado em linha com um espaçamento fixo e a velocidades constantes. Neste caso, este tipo de sistema apresenta um modo de fixação do molde que permite que haja rotação em torno de si próprio e, portanto, à medida que o molde é transportado ao longo da linha de produção, é possível aplicar rotação ao molde. A etapa de *beading*, com esta manipulação do molde, torna-se fácil e eficiente de se realizar. Existem três tipos de soluções

A segunda solução existente, representada na Figura 11, e que surge de um melhoramento do equipamento apresentado anteriormente, permite obter um enrolamento mais contínuo e com uma espessura uniforme. Neste caso, obriga-se o molde a passar entre o elemento de rotação e um mecanismo compensador (B) que permite, através de uma mola, compensar a não circularidade do molde na zona do pulso. A colocação de um compensador permite que a zona de contato direto do elemento de rotação com o látex tenha características de processo semelhantes em todo o momento de enrolamento. Neste caso, existem equipamentos que utilizam tanto a escova como o rolo como elemento de rotação (A). A Figura 12 mostra esta solução aplicada a uma unidade industrial de fabricação de luvas de látex.

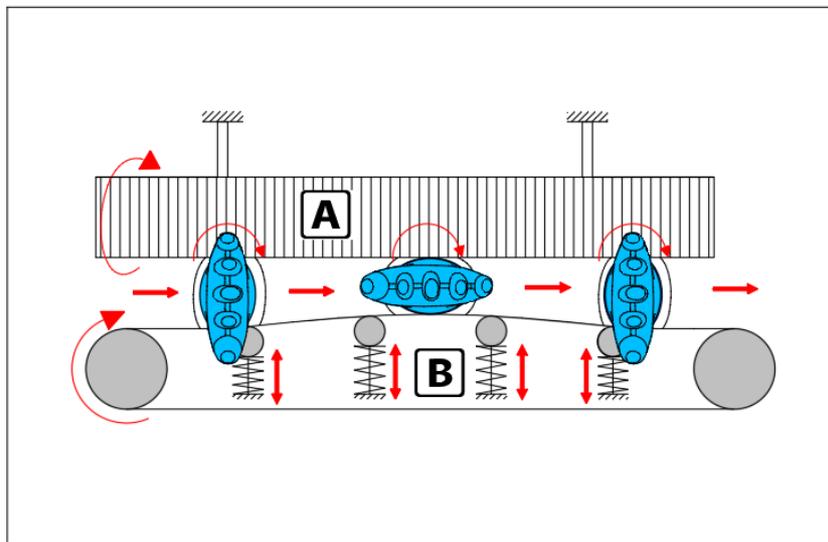


Figura 11 – Ilustração da etapa de Beading com elemento de rotação horizontal auxiliado por um mecanismo compensador.



Figura 12 - Equipamento de Beading com elemento de rotação horizontal auxiliado por um mecanismo compensador (IMGSA Groupe, 2015).

Por último, o terceiro conceito existente para sistemas automáticos em linha está ilustrado na Figura 13. Neste caso, mantêm a velocidade de rotação do molde e o seu avanço constante, sendo que o elemento de rotação (A) possui um mecanismo de compensação incorporado. Este mecanismo permite que o

próprio elemento de rotação (A) compense e acompanhe a configuração do molde à medida que se dá a rotação. A qualidade obtida neste método é semelhante ao conceito da Figura 11. Para esta configuração, o elemento de rotação utilizado nos equipamentos existentes é uma escova. A Figura 14 mostra um equipamento de *beading* que opera neste conceito.

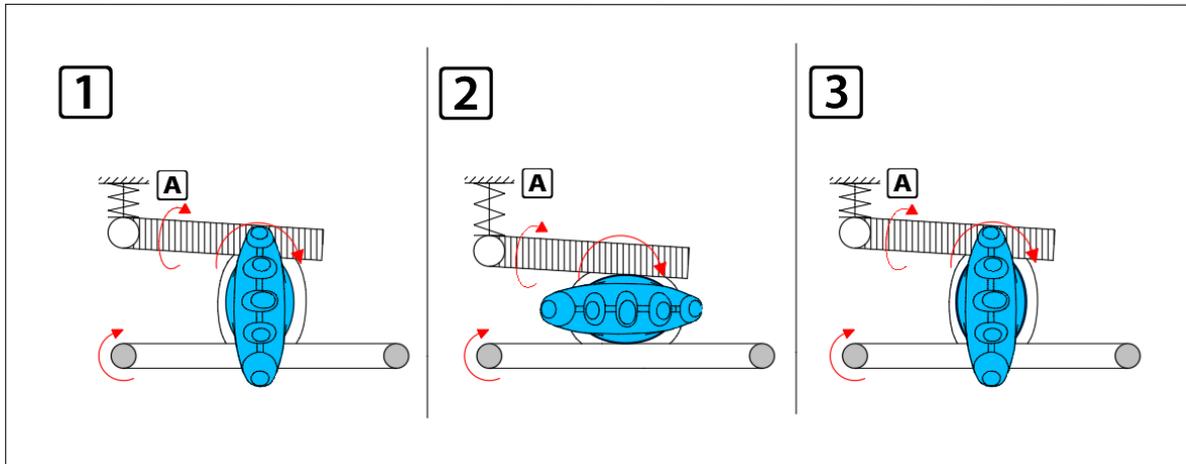


Figura 13 - Ilustração da etapa de *Beading* com elemento de rotação compensador.



Figura 14 - Equipamento de *beading* com elemento de rotação compensador (Discovery Channel, 2015).

No sistema automático em lote, os moldes são transportados ao longo da linha de produção em conjunto e não se encontram em constante movimento de rotação entre si. Os moldes são, normalmente, fixados em barras, formando conjuntos de gabaris e movimentam-se com velocidades específicas para cada etapa do processo de produção.

Para este tipo de sistema de movimentação dos moldes, apenas existe um equipamento implementado no mercado para efetuar o processo de *beading*, que se encontra representado na Figura 15. Na Figura 16, faz-se uma ilustração do conceito de funcionamento deste equipamento. Neste sistema, antes de o gabari chegar à etapa de *beading*, existe um mecanismo que permite separar cada barra individualmente do gabari e conduzi-la até à estação de *beading*. Quando a barra se encontra no equipamento de *beading*, este é responsável por aplicar uma velocidade de rotação a cada molde e fazer com que um sistema

que possui um elemento de rotação (A) se encoste ao mesmo. A partir do momento em que o elemento de rotação está em contato direto com o molde, o equipamento faz subir a barra que os possui, enquanto se dá a rotação dos mesmos e a compensação da configuração do molde por parte do elemento de rotação. À medida que o molde vai subindo e rodando sobre si próprio, o elemento de rotação com auto compensação faz o enrolamento do látex até à sua cota final. Neste método, a etapa de *beading* é bastante complexa e demorada em relação às soluções existentes para sistemas automáticos em linha.

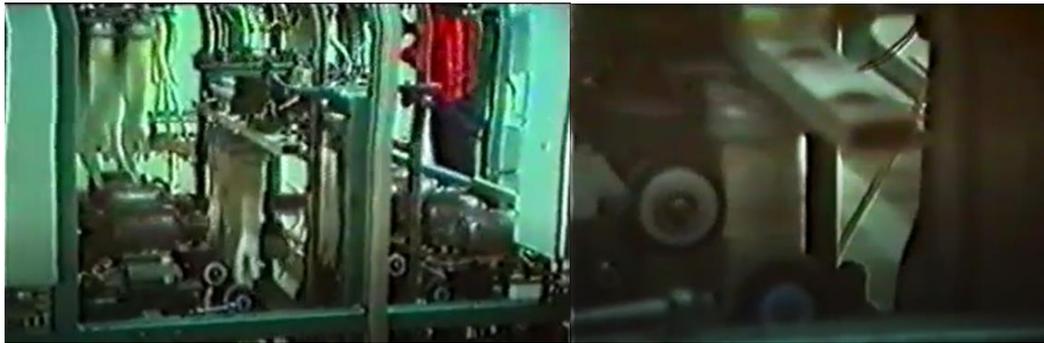


Figura 15 - À esquerda, entrada dos moldes no equipamento de beading. À esquerda, encosto da escova e rotação do molde no equipamento de beading (DipTech Systems, Inc., s.d.).

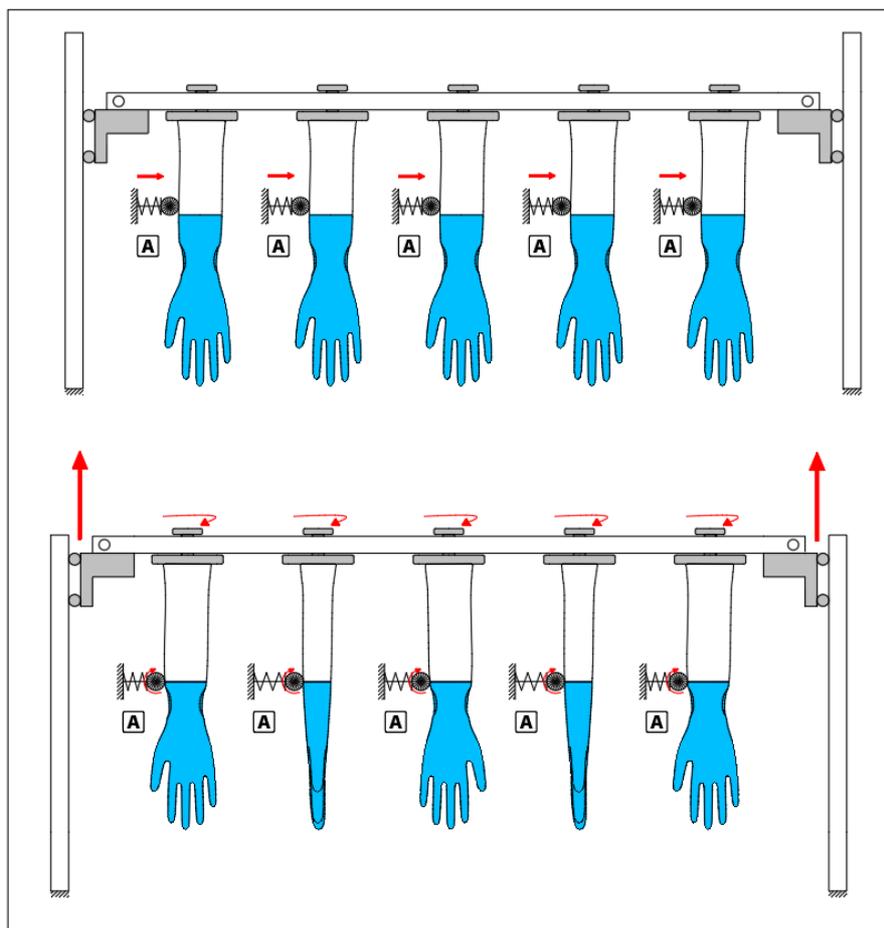


Figura 16 - Ilustração do processo de beading para sistema automático em lote.

A partir da análise das soluções existentes no mercado para a realização do *beading*, pode-se concluir que o movimento de rotação do molde é uma característica presente em todos os processos e que se revela importante para a realização de um enrolamento gradual. Também se denota que existe sempre um elemento de rotação (escova ou rolo) que entra em contato direto com o látex e permite fazer o enrolamento. De modo a obter boas qualidades de enrolamento e espessuras uniformes, recorre-se a mecanismos compensadores que permitem compensar o formato do molde na zona onde é efetuado o *beading*.

ii. Equipamentos de “Descalçar total”

A etapa de “Descalçar total” consiste na retirada total das luvas dos moldes cerâmicos e a sua colocação num transportador.

Para o sistema automático em linha, existe apenas um equipamento implementado no mercado, representado na Figura 17. É importante referir que, antes de se efetuar o descalçar total da luva, os moldes são obrigados a passar num equipamento que faz um descalçar parcial da luva no molde. Este equipamento de descalçar parcial permite colocar o topo da luva virado para baixo para que seja feita a remoção total da mesma no equipamento de descalçar total. A Figura 18 apresenta uma ilustração onde é possível ver o funcionamento deste equipamento e a configuração em que a luva chega ao equipamento de descalçar total (Momento 1 da Figura 18).

Este conceito consiste na utilização de dois rolos com meia cana, identificados pela letra A na Figura 18, e de um tapete transportador, identificado pela letra B na Figura 18. A meia cana dos rolos é utilizada com o objetivo de obter espaço entre os dois rolos, no momento inicial da etapa, para que a luva meia descalçada entre para o espaçamento existente entre eles (momento 2 da Figura 18). De seguida, com as luvas pré-descalçadas inseridas no meio dos dois rolos, faz-se a rotação dos rolos para que estes agarrem o topo da luva e seja feito o descalçar total desta do molde. Neste momento de rotação (momento 3 da Figura 18), o transportador é acionado, recebendo e organizando a luva para que depois prossiga para as etapas seguintes.



Figura 17 - Equipamento de descalçar total para sistema automático em linha. (Nguyen Minh, 2017)

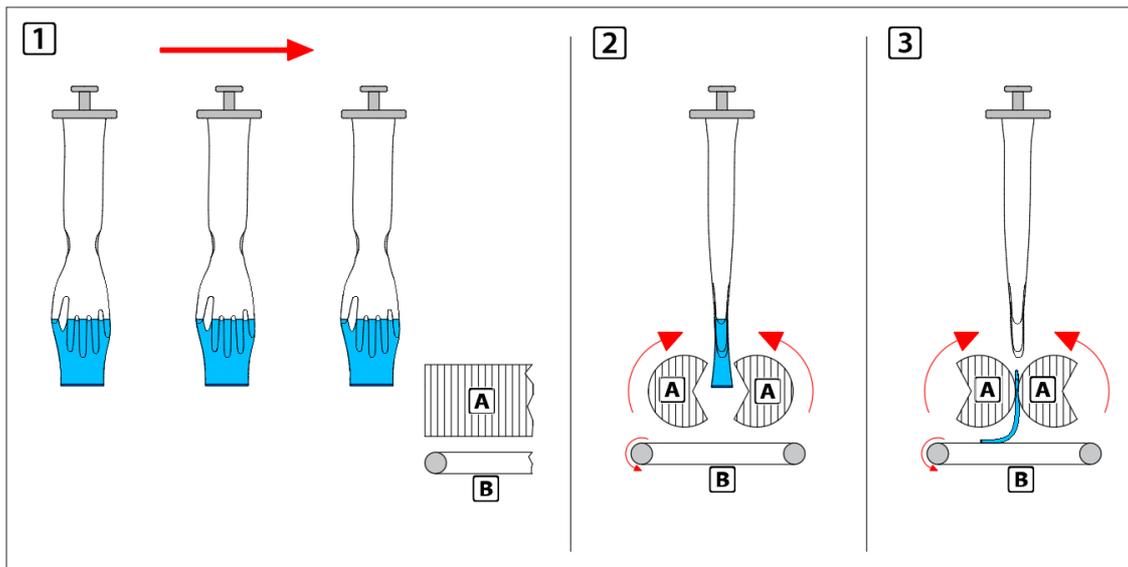


Figura 18 - Ilustração da etapa de descalçar total do sistema automático em linha.

Este equipamento revela-se pouco eficiente porque, por vezes, a luva não é descalçada do molde e algumas luvas são deformadas pela ação dos rolos. Também a deposição da luva não é feita de uma forma correta e organizada, o que obriga a que nesta etapa seja necessário o uso de mão de obra para solucionar estes problemas, como é representado na Figura 19.



Figura 19 - Uso de mão-de-obra para solucionar problemas do equipamento de descalçar total (Yicheng Machinery, 2016).

Para o sistema automático em lote, onde os moldes são transportados por gabaris, existe, também, apenas um equipamento implementado no mercado, como se pode ver na Figura 20. Tal como se verifica na etapa do *beading*, antes de se efetuar a operação do descalçar total faz-se a individualização de cada barra do gabari através de um mecanismo existente na linha de produção.

O descalçar total da luva do molde é feito a partir do uso de ar comprimido e a sua organização através de um gabari individual que tem como função rececionar a luva e fazer o seu transporte para as etapas seguintes. Uma ilustração do funcionamento do equipamento é apresentada na Figura 21. Quando se dá a entrada de uma barra com gabaris no equipamento, faz-se ligar um conjunto de bicos de ar comprimido (identificado com a letra A na Figura 21) que, através de um elevado caudal e pressão, fazem com que a luva seja projetada para cima de um gabari individual (identificado com a letra B na Figura 21).

Esta solução não permite colocar a luva de uma forma organizada e controlada em cima do gabari individual, sendo o sincronismo entre a descolagem da luva do molde e a sua deposição pouco eficiente. Pode-se concluir que os equipamentos existentes no mercado para efetuar o descalçar da luva no molde carecem de desenvolvimento, não são eficientes e não permitem garantir uma deposição controlada e organizada da luva.



Figura 20 - Equipamento de descalçar total para sistemas automáticos em lote (IMGSA GROUPE, 2016).

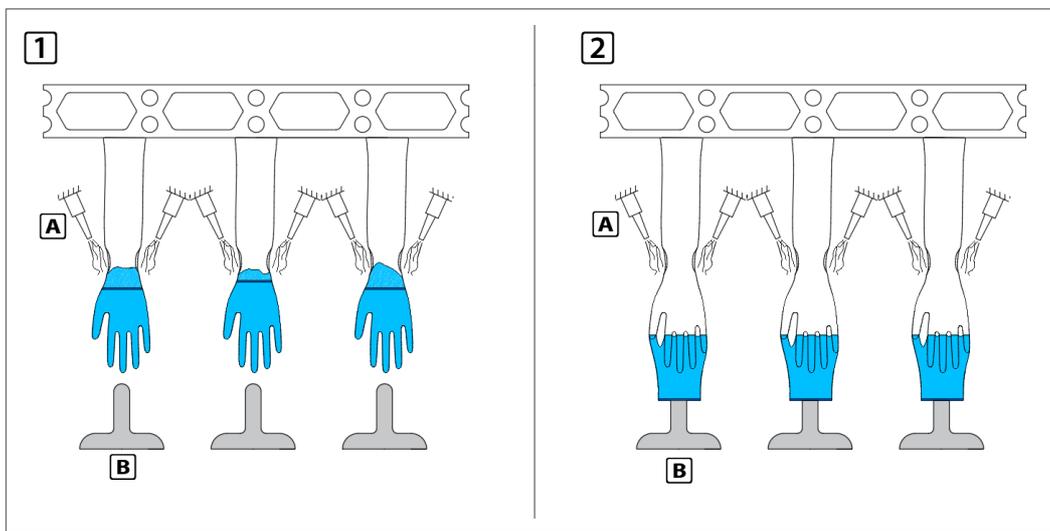


Figura 21 - Ilustração do funcionamento do equipamento de Descalçar total para sistemas automáticos em lote.

3. PROJETO NITRO

Capítulo removido por questões de confidencialidade.

3.1 Dados relevantes

3.2 Enquadramento do ambiente fabril

3.2.1 Gabari

3.2.2 Pórticos de transporte

3.3 Linha piloto

4. PROJETO CONCRETUAL

Capítulo removido por questões de confidencialidade.

4.1 *Beading*

- 4.1.1 Definição do problema
- 4.1.2 Estabelecimento de objetivos
- 4.1.3 Especificações do projeto
- 4.1.4 Diagrama de funções do equipamento

i. Subfunções essenciais

- 4.1.5 Soluções desenvolvidas

i. Elemento de rotação inclinado

ii. Elemento de rotação horizontal

iii. Elemento de rotação horizontal na lateral e na face do molde

4.2 Descalçar total

- 4.2.1 Definição do problema
- 4.2.2 Estabelecimento de objetivos
- 4.2.3 Especificações do projeto
- 4.2.4 Diagrama de funções do equipamento
- 4.2.5 Soluções desenvolvidas

- i. Retirada total das luvas do molde*
- ii. Colocação das luvas no transportador*

4.2.6 Solução escolhida

5. PROJETO DETALHADO

Capítulo removido por questões de confidencialidade.

5.1 *Beading*

5.1.1 Equipamento desenvolvido

i. Modelação 3D

5.1.2 Princípios de funcionamento do equipamento

5.1.3 Sequência de funcionamento

5.1.4 Projeto mecânico

i. Estrutura

ii. Sistemas de transmissão

5.2 Descalçar total

5.2.1 Equipamento desenvolvido

5.2.2 Princípio básico de funcionamento do equipamento

5.2.3 Sequência de funcionamento

5.2.4 Projeto mecânico

i. Estrutura em perfil

ii. Sistema de transmissão do sistema garras

iii. Sistema transmissão transportador

5.3 Atuadores elétricos

5.4 Projeto elétrico e pneumático

5.4.1 Projeto pneumático – Descalçar total

5.5 Automação

5.5.1 Equipamento *beading*

5.5.2 Equipamento Descalçar total

5.6 Escovas industriais

6. RESULTADOS OBTIDOS

Capítulo removido por questões de confidencialidade.

6.1 Equipamentos construídos

6.2 Validação da linha-piloto

6.2.1 Processo produtivo

6.2.2 Parâmetros do equipamento-protótipo

i. Protótipo - Pré-beading

ii. Protótipo - Beading

iii. Protótipo - Descalçar total

6.2.3 Determinação de configuração da escova

7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo, apresentam-se, de uma forma sumária, as principais conclusões que puderam ser apontadas, referentes ao estudo, concepção e projeto dos equipamentos descritos ao longo deste relatório. De forma complementar, também são apresentadas, neste capítulo, as sugestões para trabalhos futuros, no sentido de se indicarem linhas de trabalho e desenvolvimento que poderão dar novas mais-valias e funcionalidades aos equipamentos-protótipo construídos e equipamentos finais.

7.1 Conclusões

O processo de desenvolvimento de um equipamento, explanado no decorrer do presente trabalho, permite concluir que a utilização de metodologias de projeto de engenharia é essencial para a elaboração de qualquer projeto concetual, na medida em que permite fornecer um guia para optar por soluções mais eficazes e eficientes, de acordo com os requisitos impostos.

Apesar da existência de sistemas e equipamentos de *beading* e descalçar total no mercado, estes não podem ser aplicados diretamente à unidade de produção em estudo devido às características inerentes ao processo produtivo em estudo, que fazem dele um processo inovador e único no mercado. Os sistemas em estudo são abrangidos por uma indústria muito peculiar, dificultando o acesso a informações dos mesmos, o que tornou a definição do conceito da máquina a principal dificuldade no desenvolvimento do trabalho. No entanto, a abordagem completa realizada ao mercado permitiu retirar pontos relevantes e conseguiu fornecer uma maior destreza para o desenvolvimento do trabalho.

A definição de um conceito para a concepção dos equipamentos finais, que respeitassem todas as exigências e objetivos pretendidos pelo cliente, originou o desenvolvimento de vários testes práticos preliminares e que culminaram na construção de um modelo protótipo para cada etapa. O custo baixo dos protótipos, o prazo de entrega dos seus componentes, a utilização de produtos *standard* e de componentes em *stock* interno foram condicionantes de relativa importância para o desenvolvimento dos mesmos, pelo que apenas foram dimensionados os componentes mais críticos, que sofrem elevadas solicitações mecânicas ou são essenciais para o correto funcionamento do equipamento.

Perante um processo inovador, em que a informação disponibilizada é reduzida, a filosofia de construção dos equipamentos de testes foi a de obter a maior flexibilidade possível para que fossem determinados os parâmetros ideais de funcionamento, através da realização de testes na linha-piloto.

O desenvolvimento desta dissertação permitiu, acima de tudo, identificar e validar a solução concetual que responde aos requisitos de projeto para cada etapa, com a identificação de todas as variáveis do processo produtivo que interferem na eficiência dos equipamentos, determinação de parâmetros de funcionamento para o equipamento final e todas as variáveis que devem ser controladas por parte do utilizador, para que o equipamento se possa adaptar aos diferentes tamanhos de moldes e configurações de luva exigidas pelo cliente.

7.2 Trabalho Futuro

Nos equipamentos protótipo:

- Redação de um manual de utilização de funcionamento do equipamento, com listagem dos componentes e respetiva montagem, bem como dos possíveis problemas de funcionamento que poderão acontecer e a forma como devem ser abordados;
- Melhoria e a simplificação do método de troca de escovas no equipamento de *pré-beading* e *beading*. Realização de um manual de instruções, para que o utilizador possa fazer a troca de uma forma eficiente e segura;
- Realização de um plano de manutenção, para os equipamentos-protótipo contruídos.

Nos equipamentos finais:

- Projeto final dos equipamentos, adaptado aos requisitos impostos pela linha final;
- Adaptação do equipamento de descalçar total para integração do sistema de controlo de qualidade da luva;
- Realização de estudos de tempo de ciclo para cada etapa, com a integração dos equipamentos presentes na linha final;
- Realização de manuais de utilizador e planos de manutenção dos equipamentos;
- Realização de testes com o gabari de 299 moldes e com os equipamentos presentes na linha de produção final.

BIBLIOGRAFIA

- Barlow, P. (1988). *Rubber Compounding - Principles Methods and Technics*. Marcel Dekker.
- Comissão Europeia. (1989). *Equipamentos de proteção individual 89/686/CEE*.
- Comissão Europeia Empresas e Indústria. (2010). *Guia de aplicação da Diretiva Máquinas 2006/42/CE*.
- COSMOS ENGINEERING MALAYSIA. (2020). *Batch Dipping Plant*. Obtido de Cosmos Engineering Malasya: <https://cesbprocess.com/portfolio/batch-dipping-plant/>
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods Strategies for Product Design*. Chichester: John Willey & Sons.
- Dieter, G., & Schmidt, L. (2009). *Engineering Design*. McGraw Hill Education.
- DipTech Systems, Inc. (s.d.). *Automatic Stripping of Gloves in a*. Obtido de DipTech Systems, Inc.: https://diptechsystems.com/Resources/Automatic_Glove_Stripping/automatic_glove_stripping.html
- DipTech Systems, Inc. (s.d.). *Industrial Dip Molding*. Obtido de DipTech Systems, Inc.: https://diptechsystems.com/Dip_Molding_Equipment/Industrial_Dip_Molding/industrial_dip_molding_equipment.html
- Discovery Channel. (janeiro de 2015). *Rubber Gloves*. Obtido de How It's Made: https://www.youtube.com/watch?v=A9PMs_N33fU
- Flickinger, B. (Agosto de 2006). *Manufacturers balance cost, Comfort and quality to meet changing glove market*.
- HL Advance Technologies. (s.d.). *Gloves & Dipping Technology*. Obtido de HL Advance Technologies M Sdn Bhd: <https://www.hladvance.com/gloves-dipping-technology>
- IMGSA Groupe. (janeiro de 2015). *Latex Gloves Production in Algeria*. Obtido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=WjdDZkvEuPc>
- IMGSA GROUPE. (novembro de 2016). *YouTube*. Obtido de IMGSA GROUPE INDUSTRIE PHARMACEUTIQUE: <https://www.youtube.com/watch?v=aWu5advaaTI>
- Kivistö-Rahnasto, J. (2000). *Machine Safety Design*. ESPOO.
- LAVANITRAS SDN BHD. (2016). *Medical Gloves Exporter*. Obtido de lavanitrass.com: <http://lavanitrass.com/>
- Nguyen Minh. (maio de 2017). *Automatic glove stripper and stacking machine*. Obtido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=ljAXQ9JtL38>
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2008). *Engineering Design*. Design Springer.

Plamthottam, S. (1996). *A process for making a glove having a polyurethane coating*. Obtido de <https://patents.google.com/patent/WO1996023643A1>

Silva, F. (2015). *Projeto Mecatrónico de um Equipamento para a Indústria Automóvel*. Braga: UMinho.

Society German Engineers. (2004). *VDI 2206 - Design methodology for mechatronic systems*.

Yicheng Machinery. (dezembro de 2016). *Nitrile glove automatic stripping & automatic stacking machine*.

Obtido de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=vjmPLU1o_hQ

Entrada de matéria prima e composição

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Látex centrifugado;• Aceleradores de processo (ZDC, ZMBT, etc.);• Ativadores (Óxido de zinco);• Agentes de coloração;• Outros químicos. |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As matérias-primas são pesadas de acordo com a proporção desejada e são mantidas prontas para a mistura;• A qualidade das matérias-primas recebidas é verificada – este processo é feito internamente ou em agências externas de testes acreditadas;• As matérias-primas são alimentadas na misturadora de bolas (que pode conter bolas de porcelana, seixo ou pérolas);• Os produtos químicos em pó seco insolúveis em água são misturados no misturador de bolas para formar a dispersão;• Os aditivos líquidos, agentes insolúveis em água são transformados em emulsões usando um agitador;• Os aditivos solúveis em água são transformados em outra solução usando um agitador;• De seguida, o látex, a dispersão, a emulsão e a solução de centrifugados são misturados na proporção desejada para formar o composto; |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• À saída deste processo, tem-se um composto de látex usado para a imersão (mergulho). |

Passo 1: Limpeza dos moldes

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Matriz (moldes em forma de mão feitos em porcelana, gesso, metal, etc.). |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• Os moldes encontram-se ligados em linha à linha de montagem da máquina para fabricação;• Os moldes são limpos por imersão em tinas presentes na linha de produção;• A limpeza consiste em mergulhar os moldes em tinas que contêm água, ácido e álcalis;• De seguida, os moldes são secos num forno. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• - Moldes limpos e secos. |

Passo 2: Mergulho e secagem do coagulante

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Moldes limpos e secos na linha de produção;• Solução de coagulante |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• A solução de coagulante é preparada de acordo com a especificação e transferida para a tina de coagulante;• Os moldes são mergulhados na tina de coagulante;• O coagulante tem o objetivo de aumentar a espessura das luvas. Após a imersão em coagulante, os moldes são secos passando por um forno; |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Moldes prontos para imersão em látex; |

Passo 3: Mergulho no látex

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Moldes com um revestimento de coagulante |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• Os moldes após a secagem são mergulhados no composto de látex;• De seguida, os moldes com látex são mergulhados num tanque de coagulação para remover o excesso de composto. Este processo é feito para obter uma superfície de luva uniforme;• Por fim, os moldes passam através de um forno de secagem. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas sólidas e pegajosas nos moldes |

Passo 4: *Beading*

| | |
|------------------------------|--|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas sólidas nos moldes |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• Uma parte da porção das “mangas” das luvas é enrolada de forma a produzir um rebordo à luva, o denominado <i>beading</i>;• Este processo facilita o descalçar da luva durante o processo de produção;• Este processo tem como o objetivo facilitar a inserção das luvas nas mãos do utilizador e proporcionar durabilidade, reforçando a borda aberta. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas com <i>beading</i> nos moldes. |

Passo 5: *Pre-Leaching* (“pre-lavagem”)

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas com o <i>beading</i> no molde |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• Os moldes são mergulhados numa tina de água quente;• O processo de <i>pre-leaching</i> é realizado para dissolver os resíduos solúveis em água e outros produtos químicos;• Este processo também é importante, pois reduz o conteúdo de proteína nas luvas, que pode provocar reação alérgica em alguns utilizadores. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas no molde prontas para a vulcanização; |

Passo 6: Vulcanização

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas no molde |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• Os moldes passam nos fornos de vulcanização;• O parâmetro da temperatura deve ser ajustado apropriadamente de modo a garantir uma resistência adequada para o filme da luva. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas galvanizadas nos moldes |

Passo 7: “Pos-leaching” (pós-lavagem) e slurry dipping (aderência ao molde)

| | |
|------------------------------|--|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas vulcanizadas nos moldes |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As luvas são sujeitas a outro processo de lixiviação semelhante ao processo de pré-lixiviação (<i>pre-leaching</i>);• Este processo tem como objetivo remover resíduos presentes nas luvas;• Permite fornecer um revestimento em pó ou de outros materiais para remover a aderência da superfície e, assim, melhorar a colocação das luvas;• Depois deste processo os moldes são secos com a passagem por um forno. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas prontas para o descalçar |

Passo 8:

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas secas e sólidas nos moldes |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As luvas são descalçadas neste processo;• Este processo é feito manualmente através de operadores. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas |

Passo 9: *Tumbling*

| | |
|------------------------------|--|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As luvas são colocadas numa máquina tambor;• Este processo tem como objetivo remover a humidade presente nas luvas. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas sem humidade |

Passo 10: Verificação de qualidade

| | |
|------------------------------|--|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas não verificadas |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As luvas são enviadas (em amostras) para o centro de qualidade;• Neste centro são realizados vários testes com o objetivo de averiguar possíveis furos e micro-furos na luva, detetar marcas nas luvas (por examinação visual) e dimensões das luvas. |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas sem defeitos prontas para embalagem |

Passo 11: Embalamento

| | |
|------------------------------|---|
| Entrada | <ul style="list-style-type: none">• Luvas sem defeitos |
| Descrição do processo | <ul style="list-style-type: none">• As luvas são pesadas numa balança e embaladas de acordo com a ordem de entrega; |
| Saída | <ul style="list-style-type: none">• Luvas embaladas |

ANEXO II - PROJETO NITRO - *LAYOUT*

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO III – FICHA TÉCNICA DO MOLDE

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO IV - PÓRTICOS DE TRANSPORTE

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO V - SEQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO PROTÓTIPO DESCALÇAR PARCIAL E TOTAL

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO VI - EQUIPAMENTOS CONSTRUÍDOS

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO VII - QUADRO PNEUMÁTICO – DESCALÇAR TOTAL

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO VIII - QUADRO ELÉTRICO

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO IX - ESQUEMA ELÉTRICO E PNEUMÁTICO

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO X - MOTOR ELÉTRICO – SM2863-5155

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XI - MOTOR ELÉTRICO – DCGM62T50 SEEFRID

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XII - CONSOLA – INTERFACE HMI

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XIII - DESENHOS TÉCNICOS - PROTÓTIPO *BEADING*

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XIV - DESENHOS DE MONTAGEM - PROTÓTIPO BEADING

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XV - NORMALIZADOS - PROTÓTIPO *BEADING*

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XVI - DESENHOS TÉCNICOS - DESCALÇAR TOTAL

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XVII - DESENHOS DE MONTAGEM - DESCALÇAR TOTAL

Anexo removido por questões de confidencialidade.

ANEXO XVIII – NORMALIZADOS - PROTÓTIPO DESCALÇAR TOTAL

Anexo removido por questões de confidencialidade.