



Mestrado em Engenharia Mecânica

---

# **Melhoria Contínua no Fabrico de Correntes de Rolos**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica  
Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

**Autor**

**João Luís dos Santos Oliveira Gilberto**

**Orientador**

**Professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego**

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica  
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Supervisor**

**Engenheiro Paulo Jorge de Oliveira Carvalho**

Sramport - Transmissões Mecânicas, Lda

**Coimbra, Maio, 2020**



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao grupo SRAM, especialmente à SRAMPORT pela oportunidade de acolher o meu estágio e de ter proporcionado, desde o primeiro dia, todas as condições para a realização do mesmo.

Ao Engenheiro Paulo Carvalho pela orientação, apoio e conhecimentos transmitidos durante o estágio.

Ao Professor Doutor Luís Borrego pela disponibilidade e orientação durante a realização do trabalho, e pela oportunidade que me proporcionou de estagiar no grupo SRAM.

Ao engenheiro Paulo Silva por todo o apoio prestado ao longo deste estágio.

A todos os colaboradores e membros da SRAMPORT pelo acolhimento e disponibilidade que sempre apresentaram durante o estágio.

À minha família e aos meus grandes amigos Glória Pedrosa e José Faria por todo o apoio e orientação proporcionada, sem eles este percurso não se teria realizado.

Por fim agradeço a todos aqueles que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para a minha formação académica e que incentivaram a atingir este objetivo de vida.



## RESUMO

No mundo industrial em que vivemos, com a constante evolução do mercado, existe uma forte necessidade de investir na melhoria contínua com intuito de fabricar produtos de elevada qualidade a um preço competitivo. Outra necessidade para que as empresas sejam competitivas é a constante inovação e desenvolvimento de produtos para fazer face à concorrência do mercado onde estão inseridas. Esses novos produtos requerem uma constante evolução das unidades fabris, quer na atualização do seu parque de máquinas existentes quer noutras adquiridas especificamente para a fabricação de novos componentes.

O presente trabalho insere-se no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, na área de Construção e Manutenção de Sistemas Mecânicos, tendo como principal objetivo a melhoria de processos de fabrico, na empresa SRAMPORT, interligando assim o ambiente académico e o ambiente industrial, permitindo a consolidação da formação académica e o desenvolvimento de competências técnicas e profissionais, em contexto real de trabalho.

A SRAMPORT é uma empresa do grupo norte-americano SRAM, dedicada ao desenvolvimento e produção de correntes para bicicletas e montagem de rodas e cubos. Na produção de uma corrente, os diversos componentes desta são maquinados, tratados termicamente e/ou quimicamente, montados e, por fim, embaladas as correntes. Estas operações requerem máquinas específicas e operadores qualificados para as manusear.

Assim, com o avanço tecnológico e com a evolução dos produtos desenvolvidos pela empresa, estas operações e respetivas máquinas necessitam de uma constante atualização. Como tal, no setor das rodas, para garantir que o processo se adequava aos novos modelos, foi necessário adaptar as bancadas da montagem inicial das rodas a novos comprimentos de eixos. Esta modificação deveu-se ao facto de a pré tensão aplicada nos raios ser de tal forma elevada que por vezes levava à fratura do aro. Assim, criou-se um sistema de apoio para o cubo que permite que este se desloque num eixo de translação, ou seja, para esquerda ou direita. Desta forma, mantendo a fixação inicial do aro, aliviam-se tensões no cubo evitando assim fraturas nos aros e facilita-se a montagem da roda devido à não deformação do aro.

Baixas médicas por danos físicos são comuns devido a mau manuseamento de diversas máquinas ou cargas, sendo assim necessário combater as causas. De forma a tornar os processos mais ergonómicos, aplicaram-se modificações no setor da montagem de corrente e no setor de tratamentos químicos. Inicialmente, nas linhas de montagem, estas possuíam um degrau com dimensões desfavoráveis para alcançar os alimentadores, sendo estes responsáveis pela distribuição dos componentes da corrente pela linha. Então, dimensionaram-se degraus retráteis que permitem uma utilização mais confortável e que não interferem com a área de trabalho, facilitando assim o acesso aos ditos alimentadores.

No setor de tratamento químico aplicou-se um basculamento automático numa secadora, que anteriormente dependia de esforço manual para a rotação do seu tambor. Tentou-se ainda elaborar uma solução para elevar os cestos de transporte de componentes tratados, do solo para um carro de transporte, mas sem sucesso. Por fim, foi ainda dimensionado um suporte para facilitar a manutenção de cestos, onde são depositados os químicos para os tratamentos, que inicialmente eram limpos e abastecidos individualmente. Este suporte permitiria a lavagem e abastecimento, simultâneo, dos cestos para um novo ciclo de tratamento, mas, tal como a solução anterior, não foi implementado previamente ao término deste estágio.

Tempo e recursos são preciosos e como tal pretende-se otimizar os métodos de preparação e análise metalográfica de materiais em aço, ou seja, melhorar o método de preparação de amostras para testes. Pretende-se minimizar danos provocados nas peças durante a sua preparação e reduzir o tempo necessário para preparar as ditas amostras. Inicialmente este processo de preparação possuía três fases, a conformação de uma resina, recorrendo a uma prensa, que envolve os componentes a analisar criando um molde, a remoção de uma espessura definida pela empresa, numa retificadora, e o polimento das peças para análise, numa polidora. Eliminando o processo executado na retificadora, passando assim da prensa para a polidora, foi possível cumprir o objetivo pretendido.

Esta mudança foi apenas possível devido à existência de um disco de desbaste grosseiro, presente na polidora em utilização. O processo de desbaste e polimento final passa assim a ser executado na mesma máquina podendo esta operar sem supervisão de um colaborador, algo que não é possível fazer na retificadora.

**Palavras-chave:** Melhoria de processo, Produtividade, Segurança no trabalho

## **ABSTRACT**

In the current industrial world, with an evolving market, there's a strong need to invest in continuous improvement in order to manufacture high quality products with a competitive price. For a competitive company, constant innovation is needed and new products need to be developed to face the market competition where they are inserted. These new products require a constant manufacturing evolution, either by upgrading their machinery stock or by creating new fabrication methods for new components.

As part of the Master's Degree in Mechanical Engineering, presented in Coimbra Engineering Academy, in Construction and Maintenance of Mechanical Systems, the main objective is to improve the manufacturing processes, in SRAMPOR, interconnecting the academic and the industrial environment, allowing the consolidation of academic and professional skills in real working context.

SRAMPOR is part of the North American group SRAM, dedicated to the development and production of bicycle chains and wheels and hubs assembly. To produce a chain, the chain parts are machined, applied a thermal and/or chemical treatment, assembled and, by the end, the chain is packed. Such operations require specific equipment and qualified personal to operate these machines.

With technological advances and with the evolution of the products developed by the company, these operations and respective machines need constant updating. As such, in the wheel sector, to ensure that the process was suited to the new models, it was necessary to adapt the lacing benches to new axle lengths. This modification was due to the fact that the pre-tension applied to the spokes was so high that it, sometimes, led to rim fractures. Thus, a support system was created for the hub that allows it to move on a translation axis, that is, to the left or right. This way, while maintaining the fixation of the rim, the stress is relieved in the hub, avoiding rim fractures and facilitating the assembly of the wheel due to the non-deformation of the rim.

Medical leaves due to physical damage are common due to poor handling of various machines or loads, so it is necessary to fight the causes. In order to make the processes more ergonomic, modifications were applied in the chain assembly sector and in the chemical treatment sector. Initially, in the assembly lines, they had a step with unfavourable dimensions, to reach the feeders, which are responsible for distributing the components of the chain across the line. Retractable steps were designed allowing a more comfortable usage and do not interfere with the work area, thus facilitating the access to the feeders.

In the chemical treatment sector, automatic tilting was applied to a dryer, which previously depended on manual effort to rotate its drum. Attempts were also made to develop a solution to elevate the trays for transporting treated components from the ground to a transport cart, but without success. Finally, a support was also designed to facilitate the maintenance of baskets,

where the chemicals for the treatments are deposited, which were initially cleaned and supplied individually. This support would allow simultaneous washing and filling of the baskets for a new treatment cycle but, like the previous solution, it was not implemented before the end of this internship.

Time and resources are precious and as such, we intend to optimize the preparation methods and metallographic analysis of steel materials, that is, to improve the method of preparing samples for testing. By doing this, we can minimize the damage caused to parts during their preparation and reduce the time needed to prepare said samples. Initially, this preparation process had three phases, the melting of a resin, using a press, that would hold the parts creating a mould, the removal of a thickness, stipulated by the company, in a grinding machine, and the parts polishing, in a polisher. By switching the grinding phase, in the old machine, to the polisher it was possible to fulfil the intended objective.

This change was only possible due to the existence of a plane grinding disk, present in the polisher in use. The grinding and polishing process are now made on the polisher and, as a plus, it can operate without the supervision of an employee, something that was not possible in the old grinding machine.

**Key words:** Process Improvement, Productivity, Work Safety

# ÍNDICE

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Índice .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Índice de tabelas .....	xi
Unidades e Simbologia.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Âmbito e objetivos do trabalho .....	1
1.2. Estrutura do relatório.....	2
2. Caracterização e Análise da Empresa.....	3
2.1. Apresentação da empresa.....	3
2.1.1. SRAM .....	3
2.1.2. SRAM Portugal.....	4
2.2. Produtos SRAM .....	5
2.2.1. Correntes.....	7
2.3. Produção de correntes na SRAMPORT .....	8
3. Projetos Desenvolvidos .....	11
3.1. Adaptação de <i>lacing</i> a novos comprimentos de eixo .....	11
3.1.1. Atualidade.....	11
3.1.2. Objetivos.....	14
3.1.3. Dificuldades de projeto .....	15
3.1.4. Proposta .....	16
3.1.5. Resultado e melhorias .....	18
3.2. Niquelagem - Manuseamento de cargas.....	20
3.2.1. Atualidade.....	20
3.2.2. Objetivos.....	22
3.2.3. Dificuldades de projeto .....	22
3.2.4. Proposta .....	22
3.2.5. Desenvolvimento das propostas.....	24
3.2.5.1. Parâmetros e simulação do suporte de cestos .....	27
3.2.6. Resultado e melhorias .....	28
3.3. Degrau retrátil para linha de montagem .....	30
3.3.1. Atualidade.....	30
3.3.2. Objetivos.....	31
3.3.3. Dificuldades de projeto .....	31
3.3.4. Proposta .....	31
3.3.5. Dimensionamento e seleção de perfis .....	32
3.3.5.1. Parâmetros e simulação .....	32
3.3.6. Resultados e melhorias.....	34

---

3.4. Normalização da preparação e análise metalográfica de materiais em aço .....	37
3.4.1. Atualidade .....	37
3.4.2. Objetivos .....	39
3.4.3. Dificuldades de projeto .....	40
3.4.4. Proposta.....	40
3.4.5. Testes e otimização .....	40
3.4.6. Resultados e melhorias.....	43
4. Conclusão.....	45
5. Referências bibliográficas.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. – Marcas do grupo SRAM (Ramos, 2018).....	3
Figura 2.2. – Localização dos vários escritórios e fábricas da SRAM (vermelho) e projetos de carácter social e humanitário (verde) (Ramos, 2018).....	3
Figura 2.3. – Fachada da SRAM Portugal (Ramos, 2018).....	4
Figura 2.4. – Componentes produzidos pelo grupo SRAM (Ramos, 2018).....	5
Figura 2.5. – Conjuntos SRAM Eagle X01 AXS e XX1 AXS (SRAM: Tweak. Refine, 2019).....	6
Figura 2.6. – Componentes de uma corrente de rolos atual (SRAM, 2007).....	7
Figura 2.7. – Diferentes tipos de corrente SRAM (SRAM: Tweak. Refine, 2019).....	8
Figura 3.1.1. – Apoios do cubo e aro.....	12
Figura 3.1.2. – Suporte fixo dos cubos.....	12
Figura 3.1.3. – Posicionamento do nipple e anilha na guia.....	13
Figura 3.1.4. – Proposta inicial para os novos apoios do cubo.....	14
Figura 3.1.5. – Ferramenta de guiamento externo de nipples e anilhas com aperto manual.....	14
Figura 3.1.6. – Apoio direito e bloqueio dos roquetes.....	15
Figura 3.1.7. – Profundidade do aro do modelo 808 NSW (ZIPP, 2017).....	15
Figura 3.1.8. – Modelação do veio de apoio atual (cima) e o veio proposto (baixo).....	16
Figura 3.1.9. – Demonstração do posicionamento proposto do cubo para montagem.....	16
Figura 3.1.10. – Modelação do apoio atual (esquerda) e apoio proposto (direita).....	17
Figura 3.1.11. – Vista explodida da ferramenta proposta com guiamento incorporado.....	17
Figura 3.1.12. – Corte da modelação da ferramenta proposta com guiamento incorporado.....	17
Figura 3.1.13. – Apoio ajustável (esquerda) e ferramenta de aperto (direita).....	19
Figura 3.2.1. – Secadora e carro de transporte de tabuleiros da estufa de desgaseificação.....	20
Figura 3.2.2. – Tanque de lavagem e abastecimento de cestos de níquel.....	21
Figura 3.2.3. – Representação da má postura dos colaboradores durante a lavagem dos cestos.....	22
Figura 3.2.4. – Modelação inicial do motor proposto.....	23
Figura 3.2.5. – Conceito do suporte para a lavagem dos cestos.....	24
Figura 3.2.6. – Conceito da automatização da secadora centrífuga.....	25
Figura 3.2.7. – Posicionamento dos switch fim-de-curso.....	25
Figura 3.2.8. – Conceito da plataforma elevatória para o setor da niquelagem.....	26
Figura 3.2.9. – Carga e condições-fronteira aplicadas no suporte dos cestos.....	27
Figura 3.2.10. – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do descolamento em Z (baixo) do suporte dos cestos.....	28
Figura 3.2.11. – Secadora com motor aplicado.....	29
Figura 3.2.12. – Disco de came para fins de curso.....	29
Figura 3.3.1. – Linha de montagem.....	30
Figura 3.3.2. – Banco fixo da linha de montagem.....	31
Figura 3.3.3. – Proposta inicial para os degraus retráteis.....	32
Figura 3.3.4. – Carga e condições-fronteira aplicadas na estrutura do degrau inferior.....	33
Figura 3.3.5. – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do deslocamento em Z (baixo) da cantoneira de abas iguais.....	33
Figura 3.3.6. – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do deslocamento em Z (baixo) da cantoneira de abas de 30x50x5 mm.....	34
Figura 3.3.7. – Proposta de degraus retráteis em posição de utilização.....	35
Figura 3.3.8. – Contrapeso dos degraus.....	35
Figura 3.3.9. – Interferência entre os degraus e botoeira de controlo.....	36

---

Figura 3.3.10. – Exemplos de chapa expandida presentes na empresa .....	36
Figura 3.4.1. – Prensa de preparação de moldes (esquerda) e molde de rolos (direita) .....	37
Figura 3.4.2. – Molde de eixos em posição para desbaste na retificadora .....	38
Figura 3.4.3. – Moldes posicionados na polidora com disco de desbaste fino montado.....	38
Figura 3.4.4. – Foto de um teste de dureza executado com os parâmetros atuais.....	39
Figura 3.4.5. – Moldes-teste para verificação do tempo de vida do disco de granulometria #80 .....	41
Figura 3.4.6. – Relação [Espessura removida - Tempo de funcionamento] do disco de granulometria #80 .....	43
Figura 3.4.7. – Foto de teste de dureza de um molde preparado com o método proposto .....	44

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1.1. – Vantagens e desvantagens das propostas a implementar no lacing .....	18
Tabela 3.4.1. – Parâmetros do programa utilizado para testar o tempo de vida do disco de granulometria #80 ...	42
Tabela 3.4.2. – Registo de tempo de funcionamento e espessura removida em cada teste .....	42



## UNIDADES E SIMBOLOGIA

mm – milímetro

kg – kilograma

kgf – kilograma-força

N.m – nanómetro

rpm – rotação por minuto

mm/s – milímetros por segundo

µm – micrómetro

N – newton

min – minuto

s – segundos

>> – Mesmo sentido de rotação



## 1. INTRODUÇÃO

A procura de soluções dedicadas para problemas industriais do dia a dia obriga o desenvolvimento de trabalho de forma organizada. Observando um processo ou máquina é possível verificar o que pode ser um problema e, conseqüentemente, chegar a soluções para a resolução desse problema. Possuindo o conhecimento, a equipa e as ferramentas adequadas é possível chegar a essas soluções seguindo um procedimento lógico e faseado.

Inicialmente observam-se e identificam-se possíveis problemas e condicionantes que podem afetar o projeto, como por exemplo, elevadas massas que requerem um elevado esforço físico para ser manuseadas ou tarefas que consomem bastante tempo, sendo estas agravadas por se encontrarem em espaços condicionados ou necessitarem de constante vigilância.

Traçam-se objetivos garantindo que o projeto é desenvolvido de forma direta, economizando tempo e recursos. Assim, combinando os objetivos com as condicionantes de cada problema, investigam-se possíveis soluções para a resolução deste problema. Nesta fase a existência de uma equipa multidisciplinar é importante para refletir e debater qual ou quais as soluções mais adequadas, simples de executar e viáveis em termos de custo.

Estudam-se as possíveis hipóteses, desenhando, simulando, avaliando os seus prós e contras, até ser definida a melhor opção, sendo posteriormente testada e implementada. Após aplicada é importante acompanhar e avaliar o seu desempenho para garantir que todos os objetivos foram cumpridos e para verificar se, com a evolução do processo, esta continua a ser a melhor solução, criando-se assim um ciclo de melhoria contínua.

Todos os projetos que englobam este estágio seguiram esta metodologia, tendo sido identificado um ou mais problemas e foram definidos objetivos para combater estes problemas. Foram identificadas limitações que poderiam afetar possíveis alternativas e, posteriormente, foram elaboradas opções dedicadas para cada situação. Analisadas e aprovadas por uma equipa responsável pelo setor onde o problema se localiza, estas alternativas são testadas e, em caso de sucesso, implementadas.

### 1.1. Âmbito e objetivos do trabalho

O presente trabalho é elaborado no âmbito do estágio em Engenharia Mecânica, integrado no plano curricular do mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, e consiste na apresentação e implementação de soluções para diversos problemas detetados pela empresa, tais como, a dificuldade de aplicação dos raios nas rodas, que por vezes leva a fraturas de aros, os esforços físicos prejudiciais à saúde dos colaboradores, no setor da montagem de correntes e no setor de tratamentos químicos, e, o elevado tempo de preparação de amostras, para controlo de qualidade dos tratamentos térmicos e/ou químicos aplicados nos componentes, assim como possíveis danos que possam surgir nestes componentes durante a preparação das ditas amostras.

Estas soluções têm como objetivo principal facilitar a montagem das rodas e reduzir ou eliminar o número de aros danificados, reduzir ao máximo qualquer esforço físico acrescido, presente em cada um dos setores referidos, e, por fim, minimizar o tempo de preparação de amostras e minimizar ou eliminar possíveis danos nas peças durante a preparação das ditas amostras, respetivamente.

## **1.2. Estrutura do relatório**

Nos capítulos que se seguem será apresentada uma breve história do grupo e da sua presença em Portugal, que produtos são desenvolvidos e fabricados pelo grupo e, alguns componentes lançados aquando a realização deste estágio. Por fim, é apresentado um breve resumo sobre correntes de rolos e como estas são produzidas na SRAMPORT.

Posteriormente serão apresentados, de forma detalhada, os quatro principais projetos realizados neste estágio, sendo estes, a adaptação das bancadas de pré-montagem das rodas a novos comprimentos de eixo, onde se pretende elaborar um sistema que facilite a montagem e aplicação de pré tensão nos raios das rodas, a melhoria do manuseamento de cargas no setor da niquelagem, sendo este um dos setores onde se regista o maior número de danos físicos provocados pelo mau manuseamento de cargas, a elaboração de degraus retráteis para uma linha de montagem, para facilitar o acesso a elementos mecânicos da dita linha sem comprometer a segurança das operadoras, e, por fim, normalizar a preparação e análise metalográfica de materiais em aço, com o objetivo de definir parâmetros padrão que permitam qualquer colaborador qualificado preparar as amostras para teste e reduzir o tempo de preparação das amostras.

Nos capítulos respetivos a cada um destes projetos será demonstrado como uma máquina é operada ou como um processo é executado, previamente a qualquer modificação. Serão indicados os objetivos e problemas, respetivos a cada projeto, e de seguida explicadas as propostas para cada caso.

Estas propostas foram analisadas por uma equipa multidisciplinar e foram apenas implementadas quando existiu consenso de toda a equipa. Algumas das propostas não puderam ser concluídas devido a falta de tempo, recursos ou suficiente estudo que garantisse o seu sucesso. Em cada projeto são expostas conclusões discriminadas e possíveis melhorias onde são indicadas pequenas alterações detetadas durante a utilização das propostas implementadas.

Finalizando o relatório, é feito um apanhado global de todas as conclusões obtidas durante este estágio.

## 2. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA EMPRESA

### 2.1. Apresentação da Empresa

#### 2.1.1. SRAM

O grupo SRAM dedica-se ao desenvolvimento e produção de componentes de bicicleta. SRAM é um acrónimo formado pelas letras dos nomes dos fundadores da empresa: **S**cott, **R**ay e **S**am. A empresa foi fundada em 1987 em Chicago, nos Estados Unidos da América, e empregava na altura apenas seis colaboradores no seu pequeno armazém. Nos últimos 20 anos, a SRAM tem vindo a adquirir as várias marcas que a constituem atualmente e que contribuíram para o seu crescimento e consolidação no mercado, possuindo atualmente seis marcas e dois projetos de carácter social e humanitário, estando estas abaixo representadas (Figura 2.1).

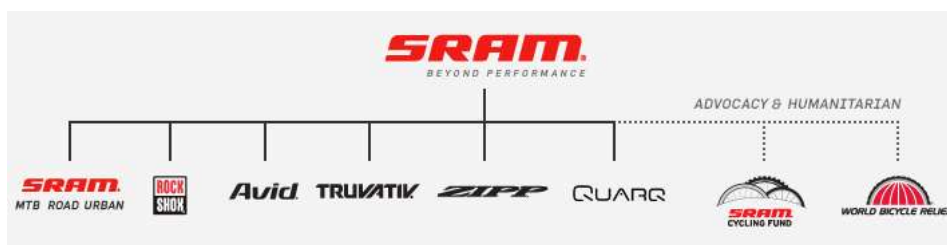


Figura 2.1 - Marcas do grupo SRAM (Ramos, 2018)

Atualmente esta multinacional é o segundo fabricante mundial mais prestigiado de componentes de bicicletas. No total, a organização tem presença em 9 países com 18 localizações empregando cerca de 3269 colaboradores, que se dedicam ao desenvolvimento, produção e comercialização dos produtos do grupo. No mapa apresentado abaixo é possível verificar todas as localizações empresariais assim como o número de empregados, correspondente a cada localização (Figura 2.2).



Figura 2.2 - Localização dos vários escritórios e fábricas da SRAM (vermelho) e projetos de carácter social e humanitário (verde) (Ramos, 2018)

### 2.1.2. SRAM Portugal

A SRAMPORT foi adquirida pelo grupo americano SRAM em 1997 e é atualmente a única unidade fabril do grupo na Europa. A organização em Portugal é responsável pelo desenvolvimento e produção de correntes de bicicleta e pela montagem de cubos e rodas.

A empresa foi fundada em 1968 com a denominação *Transmecca – Transmissões Mecânicas, Lda*. Inicialmente, o capital da empresa era detido pelo grupo Peugeot e o empresário português Armando Simões, possuindo cada uma das partes 50% do seu capital. Posteriormente, o grupo Peugeot adquiriu a totalidade da empresa, ficando a deter 100% do seu capital.

Em 1987, a empresa volta a ser adquirida, desta vez pelo grupo Fichtel & Sachs. Uma década depois, em 1997, a empresa SRAM, seguindo a sua estratégia de crescimento e expansão, adquire uma parte da empresa Fichtel & Sachs, parte esta responsável pelo segmento de bicicletas. Com esta aquisição, a empresa situada em Portugal passou então a ser detida pelo grupo norte-americano e iniciou o processo de alteração da sua denominação social para “SRAMPORT”, que se concretizou anos mais tarde, em 2008.

Nos últimos dez anos, a SRAM Portugal tem vindo a crescer de forma sustentável e competitiva diversificando os seus produtos e mercados. Este crescimento assenta numa estratégia de qualidade, gestão ambiental e retenção de talentos que visa o desenvolvimento e fabrico de produtos de excelência e superação das expectativas do cliente, desde a inovação dos seus produtos até a práticas ambientais responsáveis. A inovação e a imagem da empresa estão também presentes nas instalações e na fachada principal da SRAM Portugal, situada em Coimbra (Figura 2.3).



Figura 2.3 - Fachada da SRAM Portugal (Ramos, 2018)

## 2.2. Produtos SRAM

A SRAM Global desenvolve e produz sensivelmente todos componentes de uma bicicleta, à exceção do quadro e selim, nas suas distintas marcas. Cada marca está destinada a tipos de componentes específicos, conforme apresentado abaixo (Figura 2.4).

Product (Componentes)	Sample products (Exemplos)	Brand (Marca)
Shifters (Manipulo de mudanças)		
Derailleurs (Desviadores)		
Brakes (Travões)		
Cassettes (Cassetes)		
Chains (Correntes)		
Cranksets (Pedaleiras)		
Suspension (Suspensão)		
Bars & Seatposts (Guiadores e Espigões)		
Guides & Pedals (Guias de Corrente e Pedais)		
Wheelsets (Rodas)		
Power Meter (Medidores de Potência)		

Figura 2.4 - Componentes produzidos pelo grupo SRAM (Ramos, 2018)

- SRAM – Marca principal do grupo que desenvolve a maioria dos componentes, maioritariamente todos os componentes da transmissão da bicicleta, mas também rodas de bicicletas todo-o-terreno, cassetes, travões e outros;
- ROCKSHOX – Esta marca é responsável pela produção de suspensões, amortecedores e espigões de selim telescópicos;
- AVID – Desenvolve ambos os conjuntos de travões de disco e de aro;
- TRUVATIV – Representante do mercado relacionado com as bicicletas todo-o-terreno, produzindo guiadores, avanços, pedaleiras e outros;
- ZIPP – Especializada em componentes de bicicletas de estrada, a Zipp fabrica grande parte dos componentes desta vertente do ciclismo, sendo as rodas produzidas à base de carbono o componente de maior destaque;
- QUARQ – Direcionada para ciclistas de competição que pretendem analisar o seu rendimento, desenvolve medidores de potência sendo estes introduzidos numa pedaleira específica.

Recentemente, a marca SRAM introduziu no mercado os seus novos conjuntos de transmissão da família *Eagle*, denominados por “X01 AXS” e “XX1 AXS” para bicicletas todo-o-terreno (Figura 2.5).

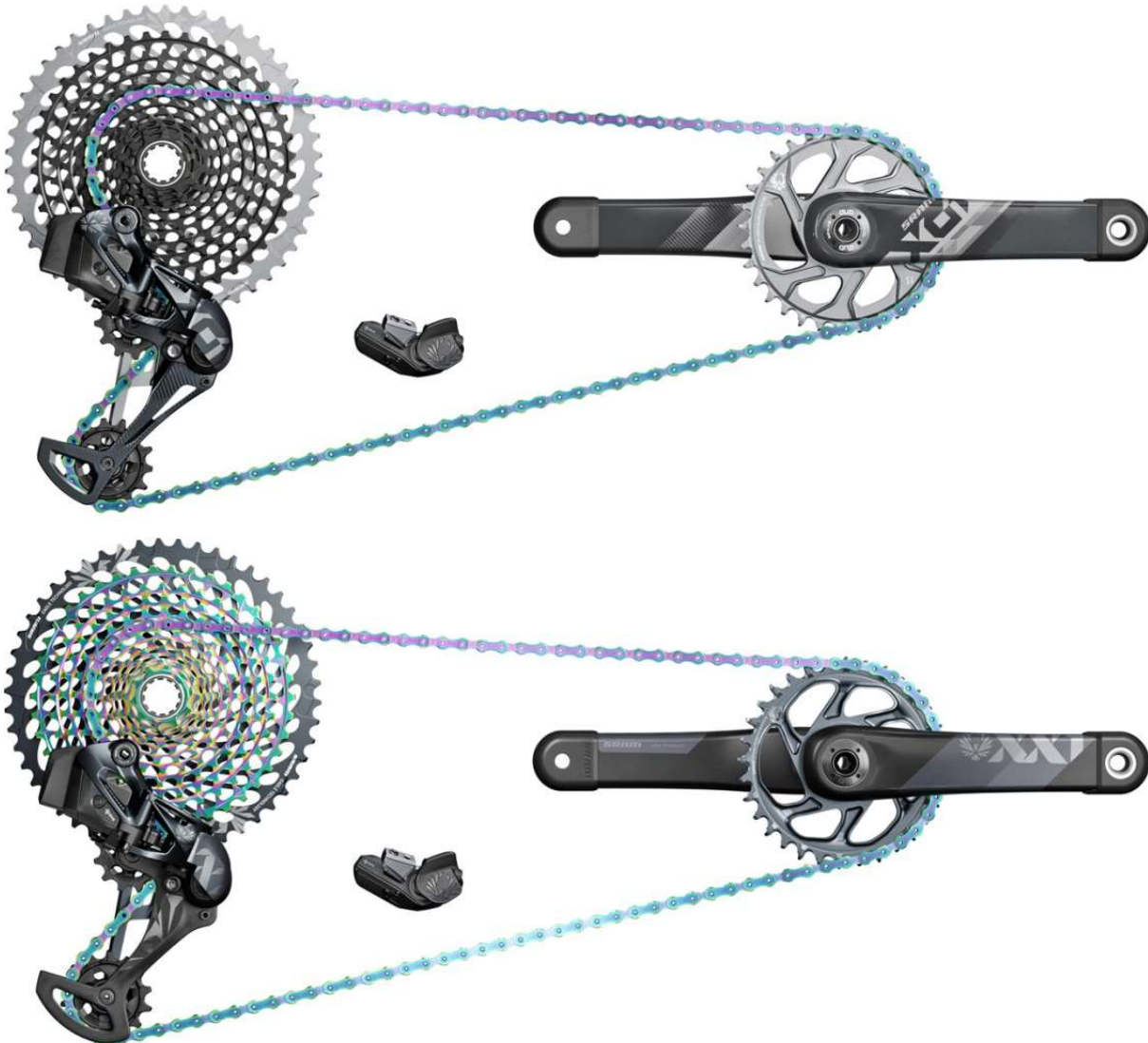


Figura 2.5 - Conjuntos SRAM Eagle X01 AXS e XX1 AXS (SRAM: Tweak. Refine, 2019)

Este grupo conta com doze velocidades na cassete e uma única velocidade na pedaleira assim como os restantes conjuntos *Eagle*. A partir do telemóvel, usando a APP AXS, o ciclista tem agora a possibilidade de personalizar os perfis de transmissão do manípulo e até mesmo configurar o dito manípulo para ajustar o espigão de selim telescópico, caso tenha essa opção. Este sistema tem um funcionamento totalmente *wireless*, entre o seletor de mudanças e o telemóvel, no que cabe à configuração dos perfis, e entre o seletor e o desviador traseiro, no que cabe à mudança de velocidade, tornando a SRAM pioneira neste tipo de sistemas.

A corrente deste conjunto marca a diferença devido às suas múltiplas cores, sendo esta o atual topo do mercado seguida dos modelos dourado e preto.

### 2.2.1. Correntes

O termo transmissão mecânica retrata a transferência de energia mecânica entre dois ou mais elementos de uma máquina. Estes órgãos de máquinas são geralmente constituídos por engrenagens, correias e/ou correntes.

A transmissão mecânica mais usual em bicicletas é a corrente de rolos. As bicicletas são veículos de duas rodas, maioritariamente sem motor, onde a corrente tem como função a transmissão do esforço físico do ciclista, através de uma pedaleira, para uma cremalheira fixa na roda traseira.

As correntes de rolos são frequentemente aplicadas em máquinas e equipamentos industriais sendo um órgão comumente empregue na transmissão de potência. Possui um rendimento elevado entre 97 e 98%, é fácil de lubrificar e montar, entre outras.

Devido às suas características técnicas, com o aumento gradual do número de rodas dentadas nas cassetes, estas correntes foram sofrendo diversas melhorias, ao longo dos anos, de forma a permanecerem neste sector exigente, pois correntes de rolos tradicionais não permitem os valores de flecha exigidos pelo elevado número de rodas dentadas da cassette da roda traseira, existentes atualmente no mercado, uma vez que a flecha não pode exceder 2% do entre eixo (Malça, 2014). No esquema abaixo apresentado é possível observar a constituição de uma corrente de rolos atual (Figura 2.6).

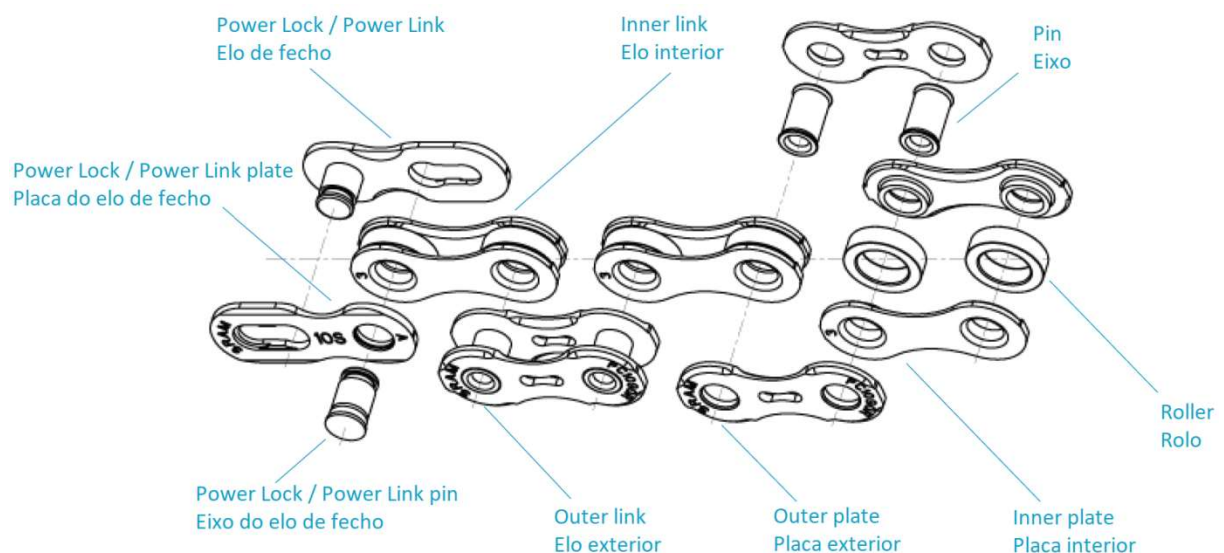


Figura 2.6 - Componentes de uma corrente de rolos atual (SRAM, 2007)

Até à presente data é possível adquirir 5 tipos de correntes da marca SRAM: correntes de oito, nove, dez, onze e doze velocidades. As diferentes correntes dentro de cada um destes grupos devem-se a diversos parâmetros de produção, isto é, o material de cada componente da corrente, o tipo de tratamento térmico e/ou químico a que foram sujeitos, o tipo de eixo da corrente, podendo este ser sólido, meio oco ou oco, entre outros. Representados abaixo, é possível observar alguns dos modelos existentes para cada dada gama de velocidades sendo a de 12 velocidades, demonstrada na figura abaixo, a corrente mais recente do grupo (Figura 2.7).



Figura 2.7 - Diferentes tipos de corrente SRAM (SRAM: Tweak. Refine, 2019)

### 2.3. Produção de correntes na SRAMPORT

Na SRAMPORT, a produção de uma corrente passa por processos ordenados sendo estes o corte de aço, os tratamentos de superfície, tratamentos térmicos e/ou químicos, a montagem e, por fim, o embalamento. Na fase de corte são maquinadas as placas e alguns dos eixos. Todas as restantes peças são importadas de outras fábricas do grupo, onde foram apenas maquinadas sem terem sofrido qualquer tratamento adicional. Todo o material utilizado para a conformação de peças produzidas na empresa portuguesa é proveniente de fornecedores e são comumente entregues em rolos de fita de aço, no caso das placas, e em bobinas de arame, no caso dos eixos.

Para maquinar estes componentes recorre-se a prensas e cisalhas para estampar e cortar por cisalhamento as placas e eixos, respetivamente. Sempre que se atinge uma certa quantidade de peças maquinadas, definida pela empresa, estas são submetidas a um controlo de qualidade para verificar se estas se encontram dentro dos parâmetros de qualidade.

Conformadas as peças, estas avançam para o tratamento de superfície onde é removida qualquer rebarba que tenha permanecido da fase anterior assim como óleos provenientes do processo de corte que possam prejudicar os tratamentos que se seguem.

Os tratamentos térmicos e/ou químicos realizados nas peças dependem da corrente onde estas serão aplicadas. Assim, estes componentes poderão ser submetidos a uma combinação de tratamentos tais como têmpera, cementação, revenido e niquelagem para melhorarem as suas características mecânicas, tais como a dureza e resistência ao desgaste. No caso da niquelagem é ainda proporcionada uma melhor resistência à corrosão e uma melhoria estética, aplicando às peças finais um aspeto mais brilhante e prateado. No final de cada tratamento são recolhidas algumas amostras para análise, de forma a garantir os parâmetros de qualidade.

Uma vez cumpridos esses parâmetros, são armazenados os componentes até que seja dada ordem de montagem de uma determinada corrente. Avançada a ordem, as peças seguem para uma linha de montagem, onde são combinadas criando assim uma corrente. Na continuação da linha, esta corrente será rebitada, que consiste na deformação do eixo para garantir a união dos componentes, e tracionada para verificar se esta se encontra dentro dos parâmetros de qualidade.

Posteriormente a corrente é inspecionada numa câmara, onde são recolhidas imagens a elevadas velocidades, com o objetivo de verificar se a corrente se encontra dentro dos parâmetros pretendidos ou se acusa algum erro de montagem. Por fim a corrente é lubrificada e é preparada para o embalamento.

Na fase de embalamento a corrente pode ser organizada de duas formas, ou é cortada e embalada nas respetivas caixas para venda ao público ou é enrolada em bobines, à medida requisitada pelo cliente. Feito o embalamento, seguem para o armazém onde aguardam expedição.



## 3. PROJETOS DESENVOLVIDOS

### 3.1. Adaptação de Lacing a Novos Comprimentos de Eixo

Na SRAMPORT são produzidos três componentes distintos, sendo estes as correntes, os cubos e as rodas. Cada componente tem o seu setor de fabrico e, como tal, o seu modo operativo.

No setor das rodas e cubos, o processo inicia na montagem dos cubos, passando para a aplicação e pré-tensão dos raios. Nesta segunda fase os cubos utilizados poderão ser provenientes de produção interna ou poderão ser importados da fábrica de Taiwan. Por fim, é aplicada, calibrada e registada a tensão final nos raios, aplicados os autocolantes com os logótipos e, se aplicável, aplicada a fita de proteção da câmara de ar no aro, para depois se embalarem as rodas.

Inicialmente, as rodas são enraiadas e é aplicado um valor de pré-tensão, específico para cada roda, nas bancadas de pré-montagem das rodas, também denominadas de bancadas de *lacing*. Neste processo são instalados o cubo, o aro, raios, *nipples*, também identificados como cabeças externas, e anilhas, variando estes com a roda a ser montada. Este processo depende, na grande maioria, de operações manuais, sendo o único processo automático o enroscar do *nipple*, tornando esta operação algo demorada, podendo ultrapassar 5 minutos por roda.

#### 3.1.1. Atualidade

Quando é enraiada uma roda, o processo passa pelas seguintes ações:

- Colocar os raios nas respetivas furações do cubo, denominadas de *spoke holes drives*;
- Posicionar o aro nos roletes e bloquear os roletes;
- Posicionar o veio direito de apoio do cubo para a posição indicada de forma a que o cubo fique centrado com o aro e bloqueá-lo;
- Colocar o cubo nos apoios, com o *spoke holes drive* de menor diâmetro à esquerda, e bloquear o veio esquerdo;
- Enraiar a roda, começando pelos raios do lado esquerdo do cubo e, posteriormente, os do lado direito;
- Soltar o veio de apoio esquerdo do cubo e, posteriormente, segurando a roda, soltar os roletes;
- Colocar a roda em fila para o processo seguinte;

Na figura seguinte é possível observar como o cubo e o aro são bloqueados na bancada (Figura 3.1.1). O veio direito permanecerá na mesma posição durante toda a montagem a menos que se troque de modelo a montar que requeira outra posição. Quando é necessário remover ou colocar um novo cubo apenas é deslocado o veio esquerdo.



Figura 3.1.1 – Apoios do cubo e aro

O cubo é suportado pelo seu diâmetro exterior em dois apoios idênticos (Figura 3.1.2). Utiliza-se polióxido de metileno para garantir que os apoios do cubo e os roletes do aro não riscam ou danificam ambas as peças. Este sistema de retenção fixa dificulta a montagem de algumas rodas traseiras, devido às geometrias onde são posicionados os raios, ou *spoke holes drives*, terem diâmetros diferentes.

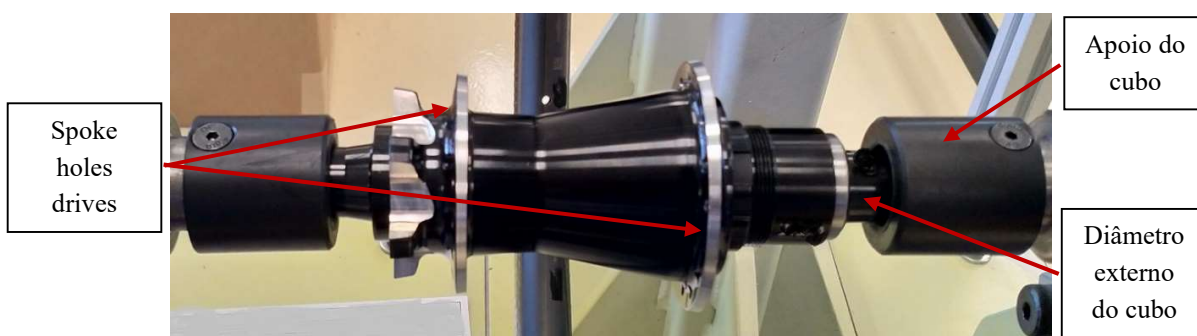


Figura 3.1.2 - Suporte fixo dos cubos

Como os raios possuem um comprimento igual e é aplicada a mesma tensão em todos eles, os raios que são aplicados na geometria com menor diâmetro vão provocar um empeno maior, no aro, comparativamente aos raios aplicados do lado direito. Consequentemente, como são montados inicialmente os raios do lado esquerdo, o aro, devido ao esforço, sai dos roletes ou, em casos extremos, fratura.

O método de aplicação não pode ser invertido pois, como o aro tem sempre tendência a escapar dos roletes devido ao esforço, este irá afastar-se das furações do lado esquerdo do cubo e os raios deixarão de ter comprimento para alcançar as furações do aro.



Figura 3.1.3 – Posicionamento do nipple e anilha na guia

Do processo descrito anteriormente, a fase de enraiar a roda é a mais longa e menos prática. Esta é completamente manual com exceção da pré tensão aplicada nos raios, que é feita recorrendo a uma parafusadora. Esta tensão é convertida num determinado número de voltas, que o *nipple* faz ao enroscar no raio, sendo este número de voltas definido pelos projetistas das rodas.

O processo mais demorado, que acontece nas rodas que possuem aros com perfis ocós, realiza-se da seguinte forma:

- é colocada uma guia da furação interior à furação exterior do aro;
- uma vez no exterior, é colocada a anilha na guia e enroscado o *nipple* na guia;
- é puxada a guia até que o *nipple* seja posicionado no furo interior do aro;
- posiciona-se a parafusadora no *nipple*, pelo furo exterior, e desenrosca-se o *nipple* da guia;
- é recolhido o raio respetivo àquela furação e posicionado no *nipple*;
- é enroscado o *nipple* no raio e removida a ferramenta do interior do aro;

Em rodas com perfis simples, com apenas uma furação, não é utilizada a guia sendo a anilha e o *nipple* aplicados diretamente na furação. Na imagem anterior é possível observar a guia com a anilha, já posicionada, e o *nipple* enroscado na guia (Figura 3.1.3).

### 3.1.2. Objetivos

Com o intuito de facilitar a montagem das rodas pretende-se aliviar esforços provocados no aro. Numa primeira abordagem, a opção de criar flexibilidade axial nos apoios do cubo é a mais viável e será a opção estudada.

De modo a tirar o máximo benefício da modificação dos apoios, estes serão também modificados para que os cubos sejam suportados pelo diâmetro interior, alterando-se assim o material para aço invés de polímero. Esta troca de material deve-se ao facto de não ser necessário proteger a estética do cubo contra riscos, se este for apoiado pelo seu interior (Figura 3.1.4).

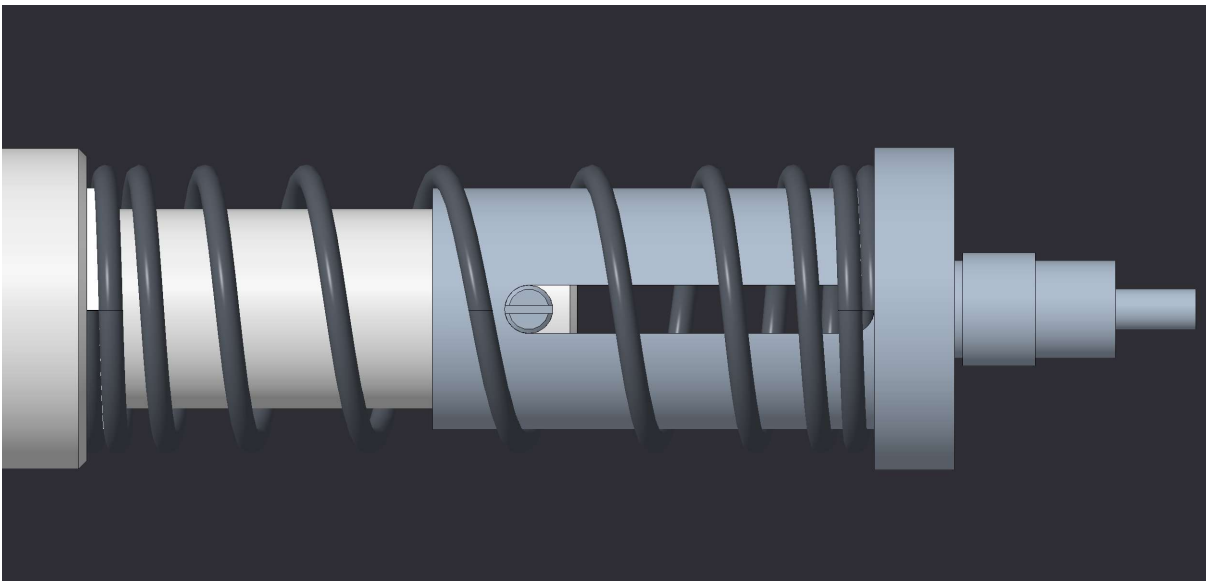


Figura 3.1.4 – Proposta inicial para os novos apoios do cubo

Para simplificar a aplicação dos *nipples* e das anilhas será estudada a opção de utilização de uma guia retrátil, aplicada diretamente na parafusadora, permitindo o guiamento pelo exterior do aro. Uma ferramenta semelhante foi inicialmente aplicada (Figura 3.1.5) mas causava danos físicos no operador, como cortes nas mãos. O aperto era manual, não se aplicando à atualidade devido à existência de parafusadoras.



Figura 3.1.5 – Ferramenta de guiamento externo de nipples e anilhas com aperto manual

### 3.1.3. Dificuldades de projeto

Para a proposta que se pretende sugerir, na montagem com o aro em esforço, existe uma condicionante que poderá comprometer a alternativa. Como qualquer proposta depende da atual estrutura da bancada é necessário ter em atenção as atuais medidas da mesma. Pretende-se criar liberdade no cubo para que este se possa deslocar para a esquerda ou para a direita, dependendo do esforço nele submetido.

Assim, o deslocamento admissível do cubo irá depender do comprimento do veio de apoio do lado direito, que para os cubos mais compridos é apenas 40 mm (Figura 3.1.6).

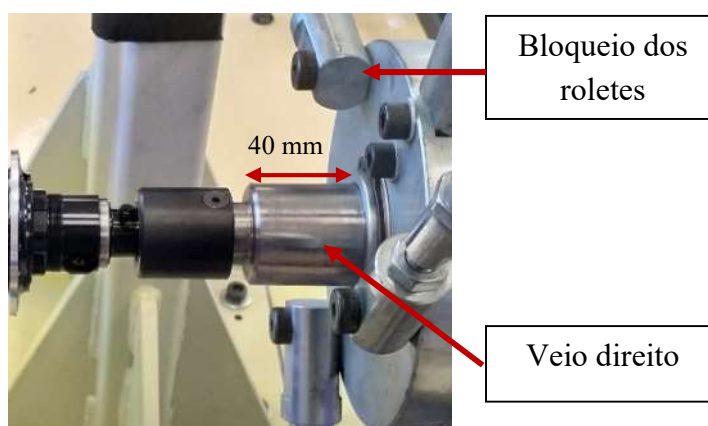


Figura 3.1.6 – Apoio direito e bloqueio dos roquetes

Outra condicionante surge com a entrada no mercado da roda 3Zero Moto, tendo esta um cubo com diâmetro interior de 15 mm, a proposta em estudo poderá não ser suficiente devido ao elevado esforço que o aro desta nova roda sofre.

No caso da proposta referida anteriormente, para agilizar o processo de enraiar, os modelos 808 NSW e 858 NSW possuem um aro com um perfil de 82 mm de profundidade (Figura 3.1.7). Esta profundidade poderá implicar que a ferramenta, para um guiamento completo, seja demasiado comprida e disfuncional para ser operada por uma parafusadora.



Figura 3.1.7 – Profundidade do aro do modelo 808 NSW (ZIPP, 2017)

### 3.1.4. Proposta

De forma a aproveitar o máximo de material presente na bancada serão modificados ambos os veios para acomodar duas molas geometricamente idênticas. Tendo estas molas características semelhantes, teoricamente, o deslocamento do cubo será igual para ambos os lados, ou seja, sempre que uma das molas sofra compressão a outra irá descomprimir fazendo com que ambos os apoios tenham um deslocamento igual.

Este funcionamento exige que as molas sejam comprimidas quando é posicionado o cubo na bancada, para que seja sempre possível um apoio acompanhar o outro. Pretende-se assim aumentar o comprimento do menor diâmetro de cada veio de modo a criar um curso total de 40 mm de guiamento para os apoios (Figura 3.1.8).

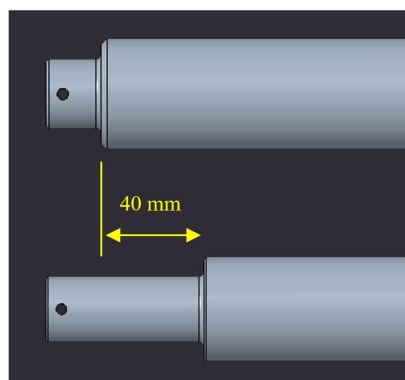


Figura 3.1.8 – Modelação do veio de apoio atual (cima) e o veio proposto (baixo)

O cubo, uma vez posicionado para montagem, possuirá um curso médio de 20 mm à direita e esquerda para relaxamento de tensões, assumindo que será sempre possível posicioná-lo com ambas as molas igualmente comprimidas, tal como demonstrado na imagem abaixo (Figura 3.1.9).

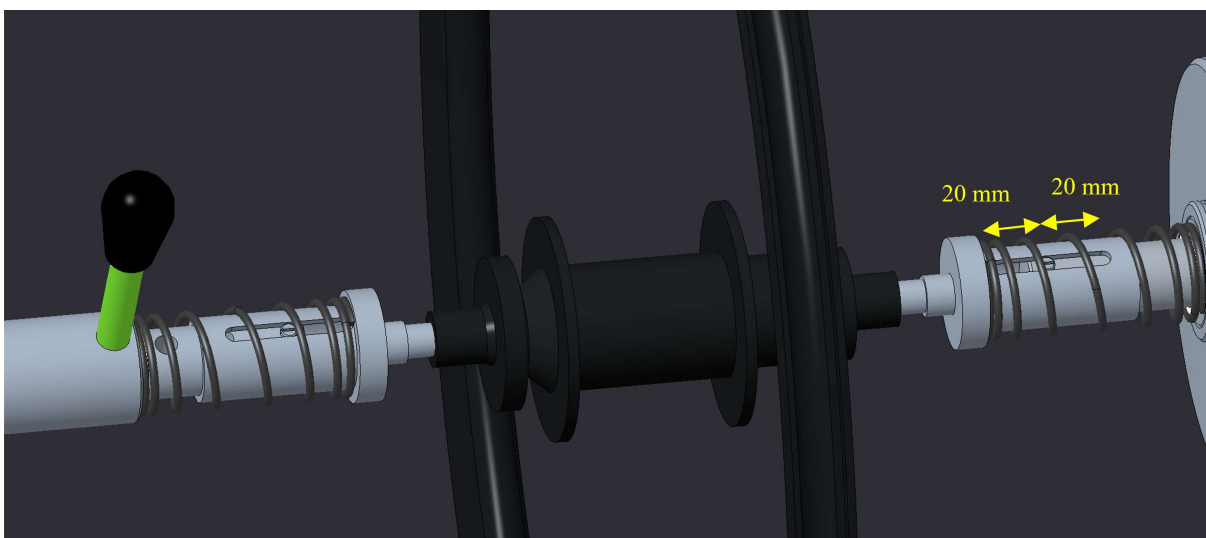


Figura 3.1.9 – Demonstração do posicionamento proposto do cubo para montagem

O novo apoio metalizado terá diâmetros com 5, 12 e 14 mm, abrangendo assim todos os cubos. Para facilitar a montagem da roda Moto, o diâmetro de 14 mm será roscado e será incluído um batente. Assim, o novo cubo poderá ser posicionado no apoio de 12 mm tendo uma folga de 1,5 mm, permitindo que este se desloque nos três eixos de translação.

Na imagem abaixo é demonstrada a modificação pretendida comparada com a atualidade (Figura 3.1.10).

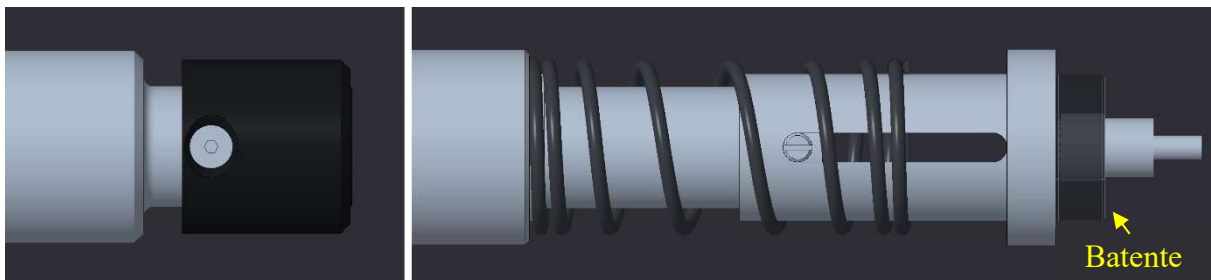


Figura 3.1.10 – Modelação do apoio atual (esquerda) e apoio proposto (direita)

Relativamente ao enraiar, combinando o conceito da ferramenta inicial (Figura 3.1.5) com a ferramenta atual, pretende-se incluir uma guia, sendo esta tracionada por molas colocadas no interior da ferramenta e guiada pelo *bit* correspondente ao *nipple* a ser apertado (Figura 3.1.11).

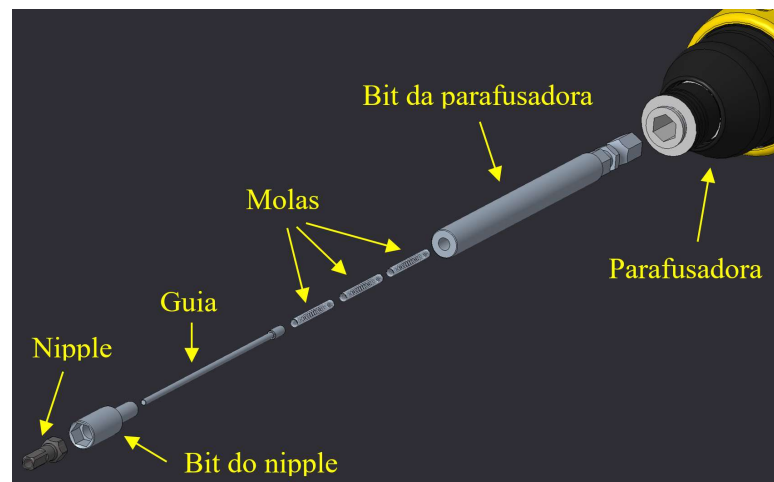


Figura 3.1.11 – Vista explodida da ferramenta proposta com guiamento incorporado

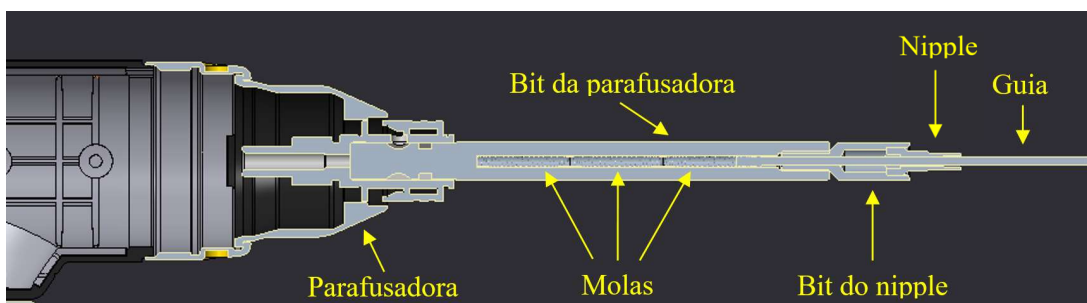


Figura 3.1.12 – Corte da modelação da ferramenta proposta com guiamento incorporado

O modo operatório passaria pelos seguintes passos:

- inserir o *nipple* e a anilha na nova guia;
- inserir a ferramenta, com o *nipple* e a anilha, no interior do aro, pela furação exterior, até o *nipple* surgir na furação interior do aro;
- posicionar o raio e fazer pressão com este na guia para que esta recolha;
- enroscar o *nipple* no raio;
- remover ferramenta do aro;

A guia, assim que a ferramenta seja retirada do *nipple*, irá voltar à posição inicial devido à compressão exercida nas molas. Para trocar de *bit* basta desenroscar o atual e enroscar o pretendido.

### 3.1.5. Resultados e melhorias

Aplicaram-se ambas as propostas numa das bancadas e estipulou-se um tempo de utilização de duas semanas para criar habituação. Criou-se rotatividade no posto com o objetivo de todos os operadores testarem as possíveis melhorias e opinarem sobre a sua utilização uma vez que serão eles os utilizadores diários. Obtiveram-se assim as seguintes conclusões (Tabela 3.1.1).

	<b>Apoios interiores com alívio de esforços</b>	<b>Ferramenta com guiamento incorporado</b>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor esforço na montagem de rodas traseiras</li> <li>• Eliminação de aros fraturados</li> <li>• Redução do tempo de montagem</li> </ul>	-
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compressão das molas faz com que o veio esquerdo se solte bruscamente quando destravado</li> <li>• Dificultada seleção da posição dos veios nalgumas rodas, devido ao aproveitamento dos furos existentes na bancada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anilha entra sobre pressão sendo comum sair da guia e cair no interior do aro</li> <li>• Guia muito fina e frágil, dificulta o alinhamento com o raio e empena facilmente</li> <li>• Não pode ser utilizada para desaparafusar</li> </ul>

Tabela 3.1.1 – Vantagens e desvantagens das propostas a implementar no *lacing*



Figura 3.1.13 – Apoio ajustável (esquerda) e ferramenta de aperto (direita)

Ambas as propostas foram testadas, mas, devido ao elevado número de desvantagens ao utilizar a ferramenta de guiamento, apenas os novos apoios foram aplicados (Figura 3.1.13). De forma a combater a descompressão brusca do veio esquerdo definiu-se que a roda necessita ser previamente solta dos roletes e, posteriormente, solto o veio. Assim, a compressão, de ambas as molas, será igualada e, quando solto o veio, a descompressão será moderada. Definiu-se que no final de cada semana, aquando a manutenção de cada bancada, as molas sejam lubrificadas com massa, de forma a manter um bom funcionamento dos apoios.

Apesar do sistema ser funcional, continua a observar-se esforço provocado no aro. Apesar de consideravelmente menor, esta ocorrência continua a atrasar ligeiramente a montagem das rodas. Uma forma de evitar esta ocorrência passaria por desenvolver um conceito que permitisse deslocamento axial, não só no eixo dos veios como nos restantes, dando assim mais liberdade ao cubo.

O conceito da ferramenta com guia incorporada foi invalidado devido à existência de incompatibilidades com a montagem. O facto de ser necessário pressão para inserir a anilha faz com que esta caia dentro do aro criando uma não-conformidade. Esta situação poderá ser evitada com a inclusão de um chanfro no *bit* de aperto e/ou aumentar o comprimento da guia. Para evitar empenos recomenda-se que a guia seja temperada e revenida aumentando assim a sua dureza.

### 3.2. Niquelagem – Manuseamento de Cargas

A má postura ao elevar determinadas cargas é uma das maiores razões de lesões físicas presentes na indústria. Na SRAM, algumas correntes de alta gama possuem placas que sofrem um processo químico de niquelagem, adquirindo assim uma ligeira camada de níquel, dando a estas um acabamento estético mais apelativo e uma melhor resistência à corrosão.

Na grande maioria, o manuseamento de cargas neste setor depende de esforço físico repetido ao longo do dia, sendo assim comum a ocorrência de lesões físicas nos operadores.

#### 3.2.1. Atualidade

Um dos processos críticos neste setor é a carga e descarga da secadora centrífuga, sendo necessário transportar manualmente as peças, da linha para a secadora e, no fim do processo de secagem, proceder à rotação manual do tambor da secadora para a descarregar, recorrendo a uma alavanca. Esta descarga, com o tambor abastecido de peças, requer um esforço aproximado de 25 kgf (Figura 3.2.1).



Figura 3.2.1 – Secadora e carro de transporte de tabuleiros da estufa de degaseificação

O transporte dos tabuleiros metálicos, com peças secas, do fundo da secadora para os respetivos patamares do carro que os transporta, é o segundo processo que requer um elevado esforço físico. Cada tabuleiro carregado pode possuir uma massa entre 19 e 22 kg dependendo das peças neste depositadas (Figura 3.2.1).

Enquanto um lote executa um tratamento de niquelagem, o restante processo passa por:

- Descarregar o lote que terminou o tratamento e abastecer a secadora com esse lote;
- Ativar a secadora e aguardar que esta termine a secagem. Enquanto esta opera, colocar um tabuleiro por baixo da secadora;
- Descarregar a secadora no final da secagem para o tabuleiro;
- Transportar o tabuleiro para o carro de transporte;
- Analisar algumas das peças desse lote e verificar parâmetros de qualidade;

Este ciclo é repetido a cada 14 minutos ao longo de um turno de 8 horas.

No fim do dia é necessário proceder à manutenção dos cestos de níquel, sendo estes lavados e abastecidos num tanque localizado no fim da linha (Figura 3.2.2). Esta operação não é prática devido à dimensão e massa dos cestos e à distância a que o operador se encontra do tanque.



Figura 3.2.2 –Tanque de lavagem e abastecimento de cestos de níquel

Estes cestos, quando carregados, possuem uma massa de aproximadamente 10 kg. Devido à postura que o colaborador tem de assumir para poder limpar os cestos, esta é uma das atividades que mais lesões provoca, para além das referidas anteriormente (Figura 3.2.3).



Figura 3.2.3 –Representação da má postura dos colaboradores durante a lavagem dos cestos

### 3.2.2. Objetivos

Com este projeto pretende-se aliviar o máximo de esforço físico possível, em todas as operações onde este seja detetado, sem comprometer os tempos de produção. A solução terá de ser de custo reduzido e simples de aplicar devido à elevada utilização desta secção.

### 3.2.3. Dificuldades de projeto

Devido ao espaço reduzido, qualquer máquina ou modificação a implementar terá de ser o mais compacta possível. Qualquer nova operação terá de respeitar os 14 minutos de intervalo de operação ou ser mais rápida. Apesar de ter uma atmosfera segura para interação humana é necessário que, caso seja necessário aplicar novas estruturas metálicas, todos os metais utilizados, que estejam em contacto com os componentes tratados, sejam resistentes à corrosão como é o caso do aço inoxidável.

Quanto à secadora, qualquer alteração efetuada nesta máquina será limitada pela sua geometria, uma vez que, o veio, onde é fixa a alavanca, não pode ser removido.

### 3.2.4. Proposta

É necessária uma força de aproximadamente 25 kgf para rodar o tambor e sabendo que a alavanca possui um comprimento de 450 mm, a rotação do tambor carregado requer, aproximadamente, um binário de 112 N.m. Pretende-se aplicar um motor elétrico, tornando assim a rotação do tambor automática. Desta forma será possível ter uma rotação constante, evitando impactos bruscos.

Será também possível posicionar o tambor numa posição intermédia, facilitando a carga do mesmo, não sendo assim necessário elevar o contentor das peças a uma altura mais elevada para carregar a secadora.

Este motor terá como acoplamento um macho-fêmea, evitando assim grandes modificações na secadora, e um braço de torção para bloquear a rotação do motor. Esta montagem irá implicar que sejam feitas duas punções no veio da secadora e se aplique um espaçador, com um veio roscado, para apoiar o braço de torção (Figura 3.2.4),

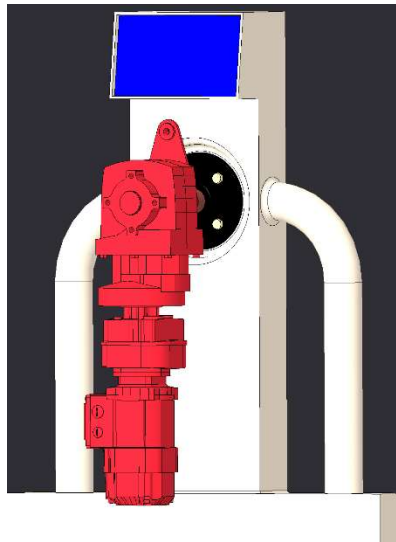


Figura 3.2.4 –Modelação inicial do motor proposto

Para a elevação dos tabuleiros, dado o espaço existente, propõe-se a utilização de uma plataforma elevatória. Esta proposta tem como análise duas opções, achar uma máquina existente no mercado, que se adeque ao pretendido, ou conceber uma solução dedicada.

Como parâmetros de pesquisa e desenvolvimento, para a dita plataforma, temos os seguintes aspetos:

- Possuir um curso de 80-1600 mm em relação ao solo;
- Possuir uma bandeja com área de 600x650 mm para acomodar 2 tabuleiros;
- Tempo máximo de 20 segundos para efetuar um curso completo;
- Capacidade de elevação de 100 kg (fator de segurança de 1.4);
- Possuir consola para seleccionar o patamar pretendido (opcional);

O fator de segurança assumido para a capacidade de carga conta com o valor de dois tabuleiros carregados, somando estes um máximo de 44 kg, e com o valor de 25 kg para a estrutura da bandeja.

Relativamente à lavagem e carga dos cestos de níquel optou-se por um suporte com capacidade para até 8 cestos. Será dimensionado e desenvolvido em tubo de aço inoxidável 304, segundo a norma do Instituto Americano de Ferro e Aço, com uma geometria que possibilite uma desmontagem facilitada para remover quando necessário, de forma a desocupar o tanque (Figura 3.2.5).

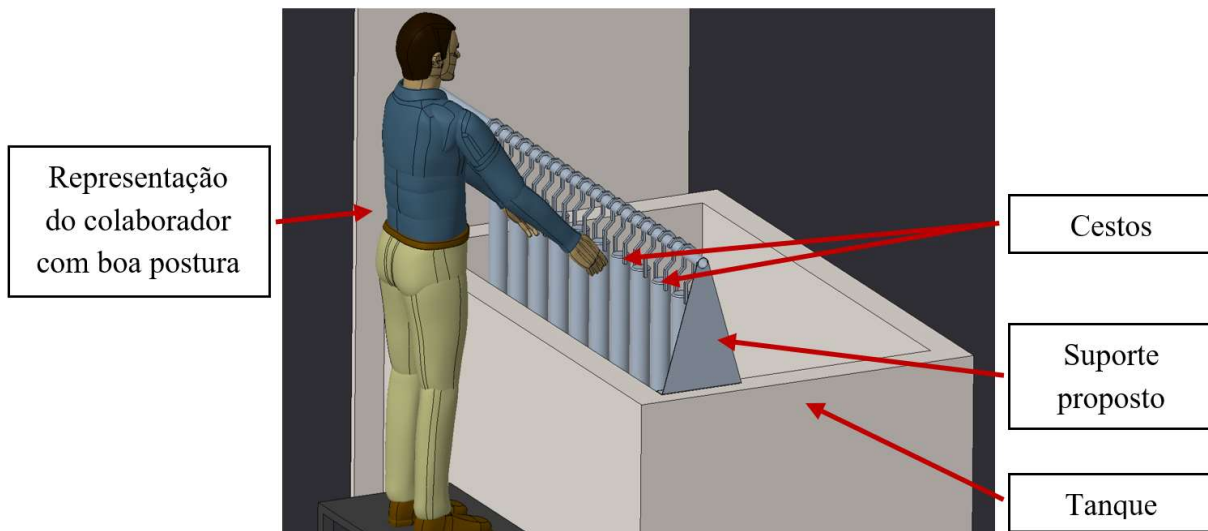


Figura 3.2.5 – Conceito do suporte para a lavagem dos cestos

### 3.2.5. Desenvolvimento das propostas

Devido à inexistência de peças no mercado para o acoplamento do motor à secadora, todas as peças foram desenhadas de raiz à medida do motor e veio. Optou-se por um modelo moto redutor, de uma empresa externa, com rotação de 4.3 rpm, equivalente à rotação praticada atualmente, e um binário máximo de 215 N.m (Figura 3.2.6).

Este motor possui um travão elétrico que, auxiliado pela elevada relação de transmissão, permite que este pare numa posição desejada. Para acionar o sistema de forma simples e intuitiva será aplicado um *switch* rotacional de três posições sendo possível descarregar, repor a posição de funcionamento do tambor ou parar quanto pretendido. Por questões de segurança e bom funcionamento do motor, serão aplicados fins de curso em ambas as posições de funcionamento da secadora e descarga do tambor (Figura 3.2.7).

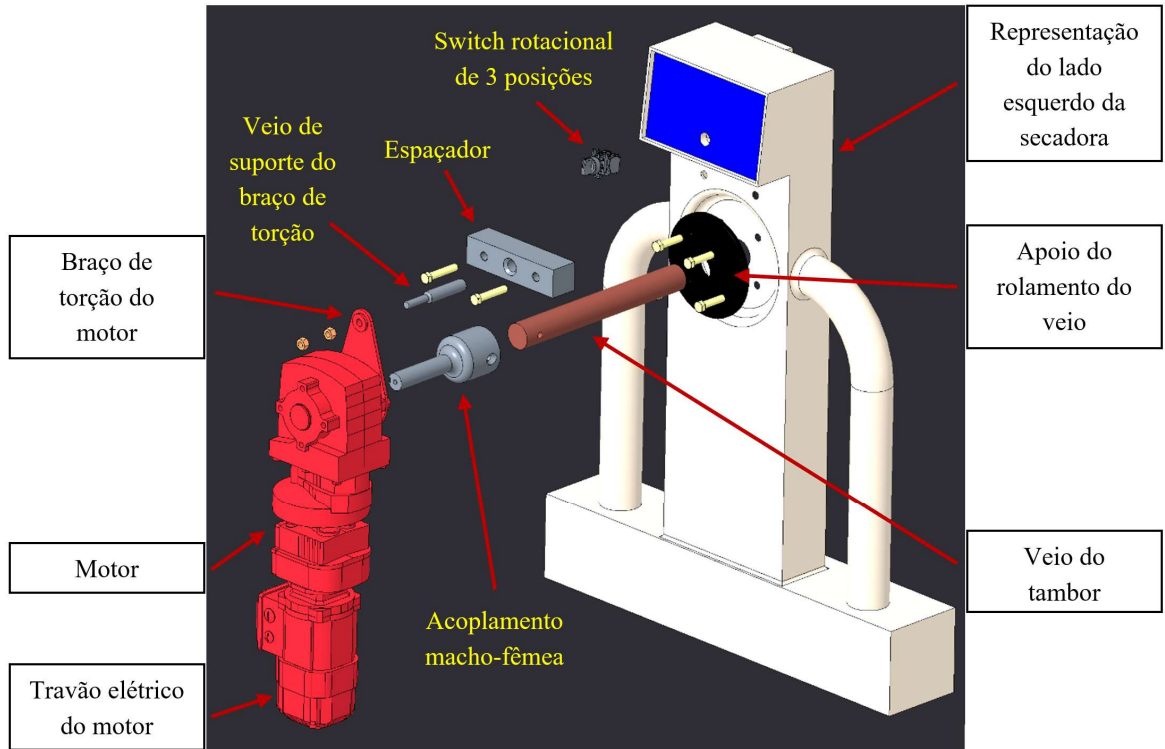


Figura 3.2.6 – Conceito da automatização da secadora centrífuga

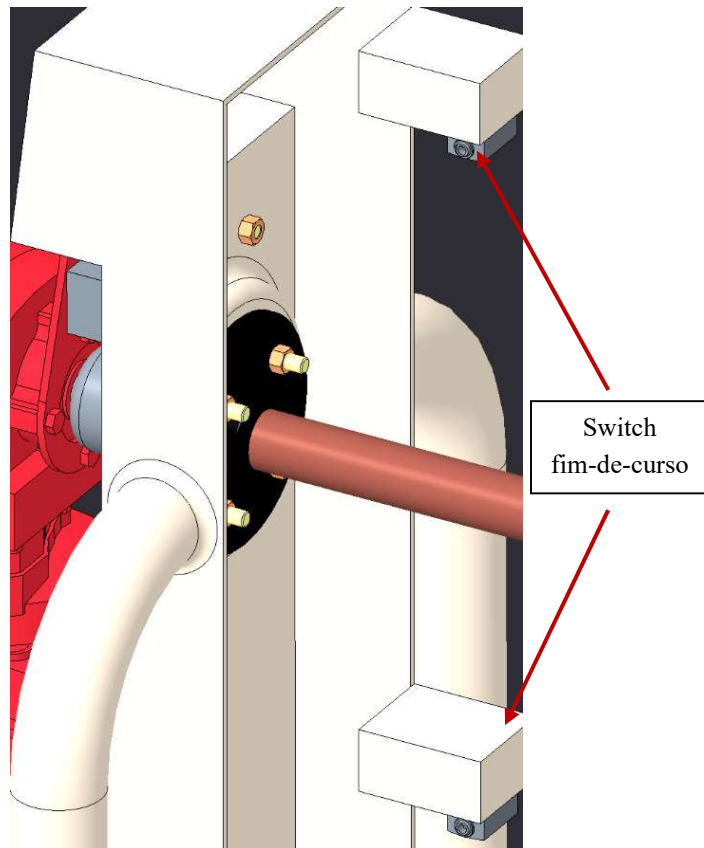
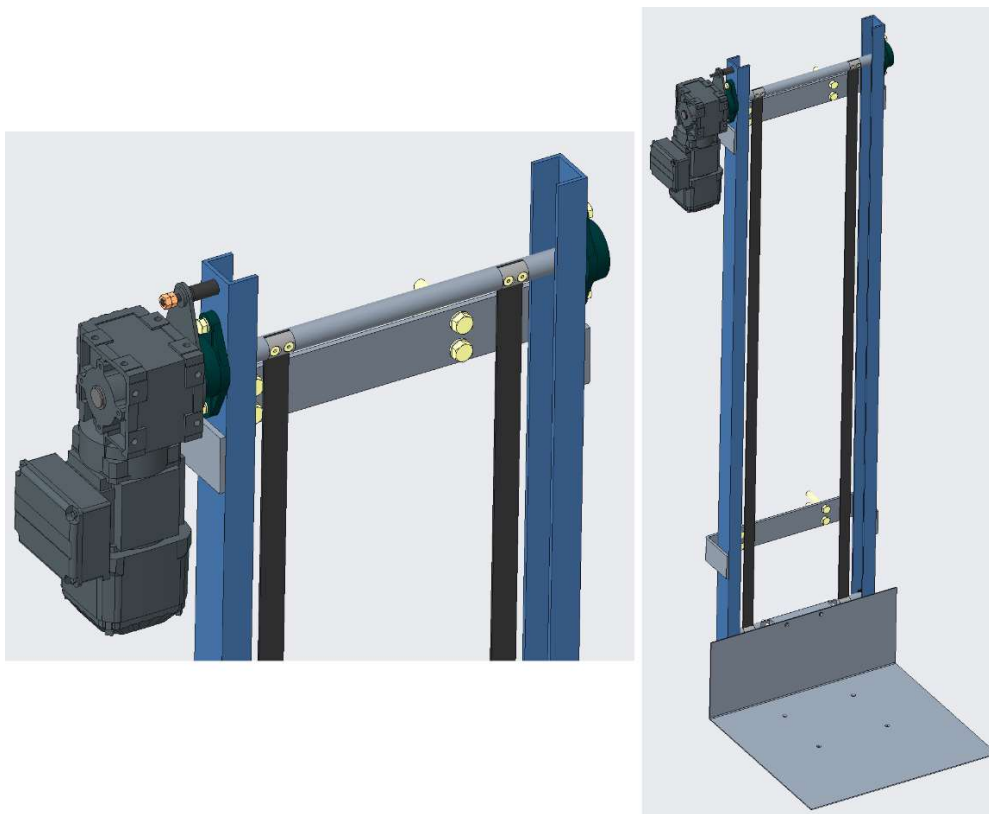


Figura 3.2.7 – Posicionamento dos switch fim-de-curso

Foram propostas duas opções para a elevação dos tabuleiros, a primeira passaria pela aquisição de uma máquina presente no mercado e fornecida por uma empresa externa, tendo esta plataforma a desvantagem de ser necessário o operador pressionar o botão de elevação continuamente, durante o processo de subida e descida de material, e baixa velocidade, 70 mm/s, sendo assim necessário aguardar aproximadamente 24 segundos para esta atingir o patamar mais elevado.

A segunda opção passa por elaborar uma solução dedicada, com uma consola que possibilite a seleção de patamar e que seja mais rápida. Abaixo encontra-se representado o conceito desta plataforma cuja única desvantagem é o valor monetário da sua aquisição, sendo este o dobro da alternativa existente no mercado (Figura 3.2.8).

Esta proposta ficou retida em fase de orçamento pelo que não pode ser testada ou implementada.



**Figura 3.2.8 – Conceito da plataforma elevatória para o setor da niquelagem**

Para o desenvolvimento do suporte dos cestos achou-se indicada a elaboração de uma simulação com o objetivo de conceber um componente com a menor massa possível, recorrendo ao *software* Solidworks. Desta forma poderá elaborar-se uma peça ergonómica e simples de remover quando necessário, e ao mesmo tempo robusta com capacidade para pelo menos 8 cestos.

Será utilizado um tubo invés de um veio, não só devido ao custo, mas também à massa que este implicaria. Tendo o fornecedor apenas disponibilidade para fornecer tubo com diâmetro exterior e espessura de 40 mm e 1,5 mm, respetivamente, serão feitos cálculos utilizando essas dimensões.

### 3.2.5.1. Parâmetros e simulação do suporte de cestos

Sendo este um teste simples será feita uma simulação recorrendo a elementos do tipo sólido, ainda que, para este caso, sendo a relação comprimento/espessura superior a 20 vezes, seria recomendado utilizar um modelo virtual de casca (Roseiro & Ramos, 2018).

Como material, foi definido aço inox 304, segundo a norma do Instituto Americano de Ferro e Aço, correspondente ao material comumente utilizado em corrimões, gradeamentos e outros, e como condições-fronteira foram aplicadas restrições na localização equivalente ao contacto da chapa com o tanque e do tubo com o apoio de parede, obtendo assim a representação que se pode observar na figura abaixo. Nesta pode ainda verificar-se a área de aplicação da carga, equivalente a aproximadamente 100 kg. Considerando que cada cesto possui uma massa de aproximadamente 10 kg o dimensionamento é feito com um fator de segurança de 1,25 (Figura 3.2.9).

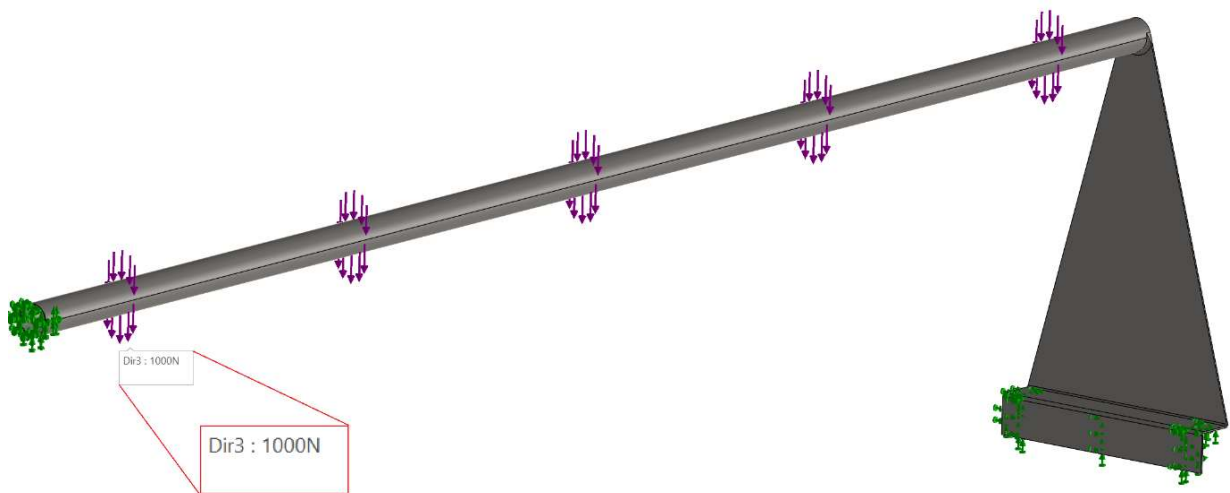


Figura 3.2.9 – Carga e condições-fronteira aplicadas no suporte dos cestos

Realizado o estudo é possível observar que a tensão máxima sofrida é inferior à tensão de cedência do material e o deslocamento é bastante inferior ao pretendido, sendo o valor simulado aproximadamente 7,5 mm (Figura 3.2.10). A espessura de 2 mm aplicada na chapa revelou-se suficiente para suportar a carga pretendida não sendo necessário elaborar mais testes com espessuras superiores.

Assim, com um tubo com dimensões 40x1,5 mm e uma chapa de 2 mm de espessura com uma altura de 450 mm foi possível elaborar um suporte que cumpre com os objetivos pretendidos.

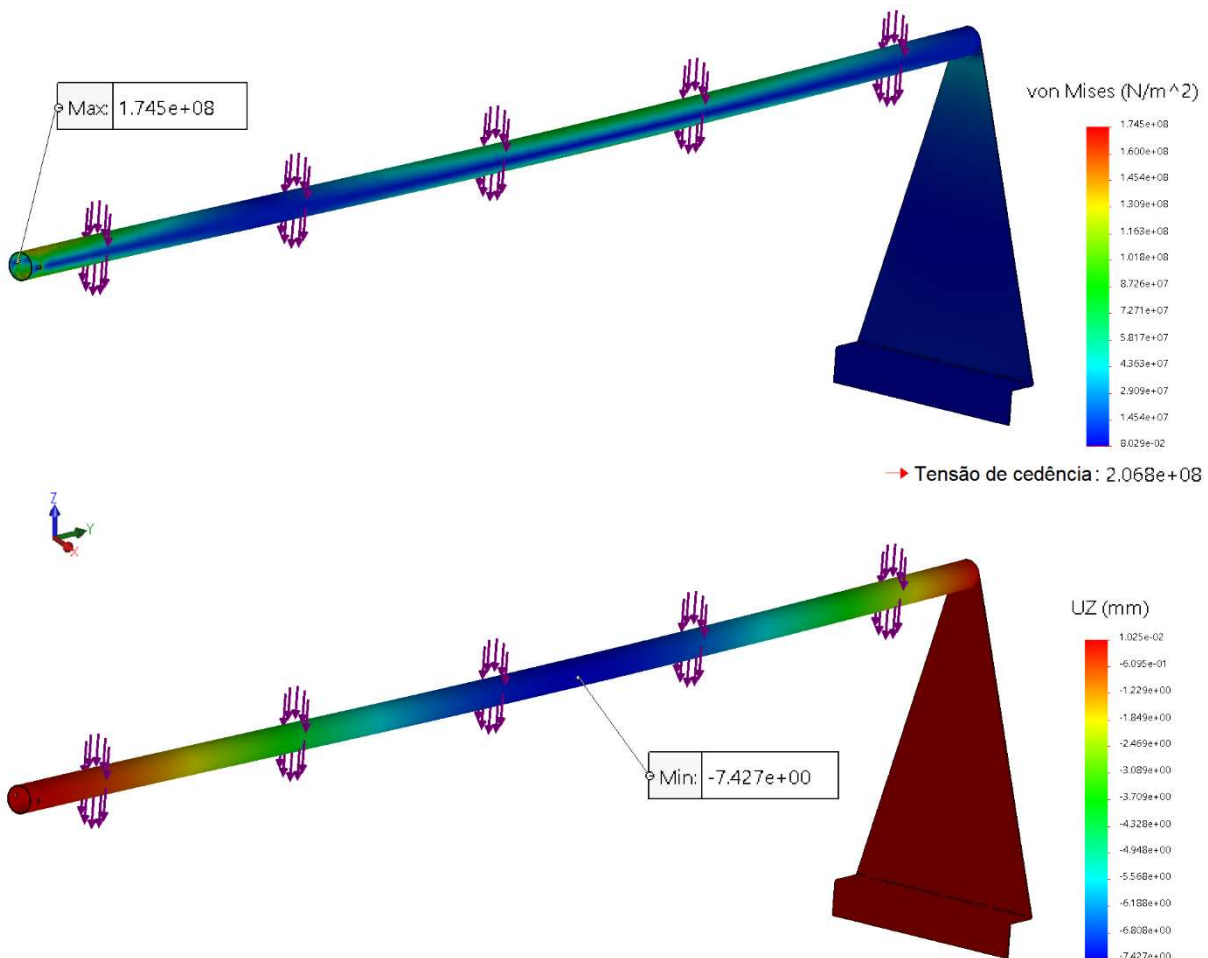


Figura 3.2.10 – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do descolamento em Z (baixo) do suporte dos cestos

### 3.2.6. Resultados e melhorias

Nenhuma das propostas foi concluída ou aplicada anteriormente ao término deste estágio pelo que não será possível apresentar conclusões sobre os mesmos.

Apesar de não serem concluídas, aquando a modificação da secadora, alguns parâmetros foram modificados. Isto deve-se ao facto de a secadora a ser modificada ser uma versão diferente da presente no setor. Esta mudança de equipamento deveu-se a uma questão de manutenções às máquinas. Assim, foi necessário acrescentar um segundo espaçador devido ao afastamento do espaçador inicial (Figura 3.2.11).

Para aplicar os fins de curso foi aconselhada a utilização de um disco de came, na lateral oposta da secadora, de forma a possibilitar o ajuste do ângulo de contacto entre a came e os fins de curso (Figura 3.2.12). Desta forma é possível controlar a posição final e inicial do tambor com mais facilidade.



**Figura 3.2.11 – Secadora com motor aplicado**



**Figura 3.2.12 – Disco de came para fins de curso**

### 3.3. Degrau Retráctil para Linha de Montagem

Nas seis linhas de montagem da empresa são elaboradas todas as correntes, comercializadas pela SRAM, sendo cada linha responsável por um ou mais modelos. Isto leva a que todas as máquinas tenham as suas diferenças, sendo uma delas a altura a que se encontram os alimentadores de cada componente da corrente.

Apesar de eficientes, peças ficam retidas à saída destes alimentadores, interrompendo assim o processo de montagem. Como tal, cada operadora tem de desimpedir a linha para que esta retome a sua função. Devido à estatura média das operadoras destas máquinas ser inferior à altura a que se encontram os alimentadores a reposição do fluxo de montagem compromete os parâmetros de segurança estipulados pela empresa.

#### 3.3.1. Atualidade

A montagem de uma corrente inicia na distribuição dos componentes pelos pontos de montagem na linha. Estes componentes são transportados de um depósito, por sucção, para uns reservatórios circulares, ou alimentadores. Estes alimentadores localizam-se na parte superior da linha e de lá os componentes são transportados por calhas para os pontos de montagem referidos anteriormente. Por vezes as peças ficam retidas nas entradas destas calhas sendo necessário desimpedi-las (Figura 3.3.1).

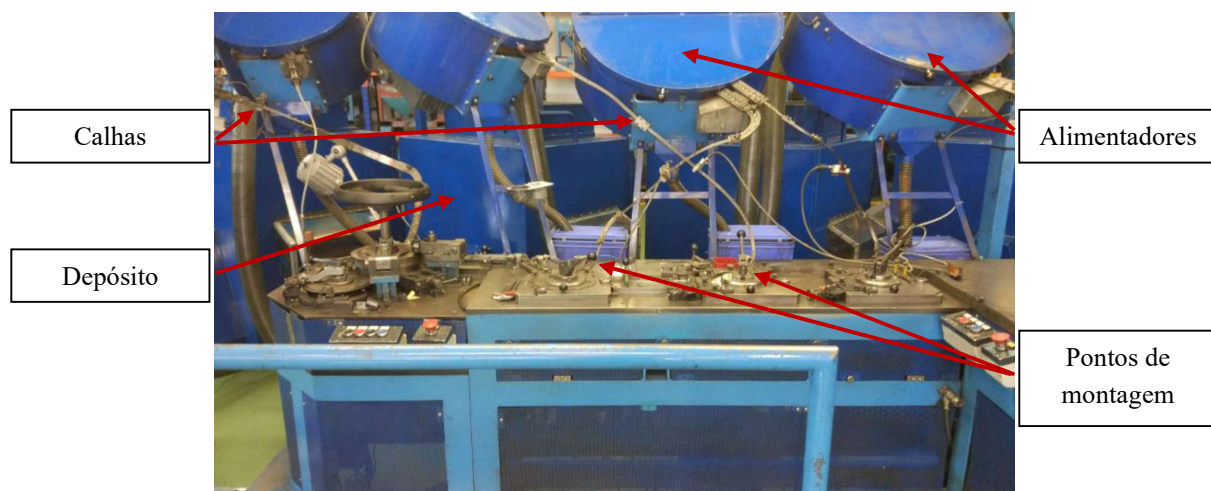


Figura 3.3.1 – Linha de montagem

Para facilitar o acesso aos alimentadores, nas linhas onde estes se encontram numa posição mais elevada, está aplicado um degrau fixo, com uma altura e largura de 300 mm (Figura 3.3.2).

Sempre que é necessário aceder aos alimentadores, as colaboradoras sobem o degrau e descem assim que a calha estiver desimpedida. Como este degrau é fixo à bancada não pode ser removido. Este cria um desconforto de utilização devido à sua altura e prejudica a postura de

cada operadora pois, sendo muito largo, obriga a que a operadora execute a sua tarefa afastada da mesa.



Figura 3.3.2 – Banco fixo da linha de montagem

### 3.3.2. Objetivos

Não sendo possível modificar o posicionamento dos alimentadores, pretende-se aplicar um meio de ascensão simples e confortável de utilizar. Esta solução terá de ser adequada para todas as operadoras destas linhas.

### 3.3.3. Dificuldades de projeto

Qualquer solução proposta não pode comprometer o espaço de trabalho nem interferir com qualquer componente, móvel ou fixo, presente na linha de montagem. A sua utilização tem de ser simples e rápida de forma a não interferir com o tempo de fabrico.

### 3.3.4. Proposta

Considerando a altura e largura média de 200 mm de um degrau comum, pretendem-se elaborar dois degraus com estas dimensões, que permitam ser facilmente retraídos de forma a que a operadora se encontre mais próxima da mesa.

Opta-se por aplicar um contrapeso para uma retração mais simples e rápida. Este contrapeso não poderá exceder em demasia o binário proveniente da massa dos degraus, para evitar uma retração brusca que possa causar danos físicos. Na figura seguinte é demonstrada uma montagem inicial onde se pode observar os pontos de apoio e rotação, assim como o contrapeso que será responsável pela retração dos degraus (Figura 3.3.3).

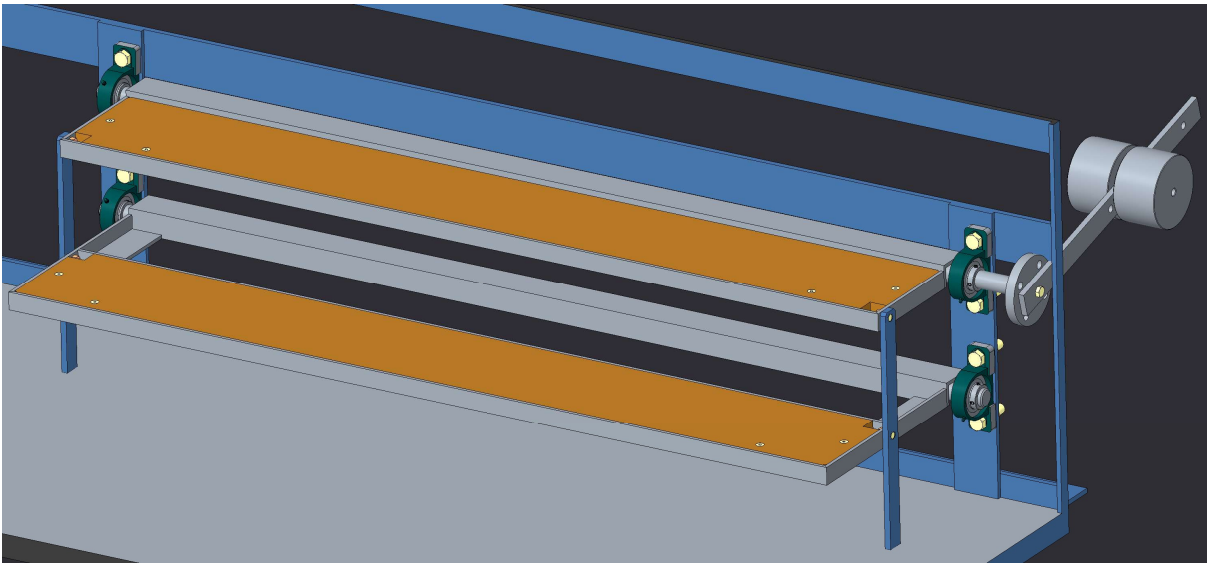


Figura 3.3.3 – Proposta inicial para os degraus retráteis

### 3.3.5. Dimensionamento e seleção de perfis

Como superfície de utilização, optou-se por utilizar contraplacado antiderrapante, garantindo assim uma solução segura e confortável.

Pretende-se que a estrutura seja robusta e que suporte pelo menos duas pessoas, ou seja 200 kg. Como tal, é definido que o degrau inferior, sendo este o mais solicitado, tenha um deslocamento vertical de até 20 mm para um comprimento de 1500 mm.

Usam-se inicialmente cantoneiras de abas iguais de 30 mm, com 5 mm de espessura, para verificar se este perfil corresponde com as limitações referidas anteriormente.

Para garantir que a estrutura cumpre com os objetivos pretendidos é elaborada uma simulação em Solidworks de forma a verificar a deformação que o degrau crítico sofre.

#### 3.3.5.1. Parâmetros e Simulação

Sendo este um teste simples será feita uma simulação recorrendo a elementos do tipo sólido, ainda que, para este caso, sendo a relação comprimento/espessura superior a 20 vezes, seria recomendado utilizar um modelo virtual de casca (Roseiro & Ramos, 2018).

Como material, foi definido um aço de construção 1024, segundo a norma do Instituto Americano de Ferro e Aço, correspondente ao material comumente utilizado em materiais de construção. Como condições-fronteira foram aplicadas restrições na localização equivalente aos apoios intermédios dos degraus, onde se localiza a perna de suporte e onde são interligados o degrau superior e o inferior (Figura 3.3.4). Pode ainda verificar-se a área de aplicação da carga, onde é aplicado o contraplacado.

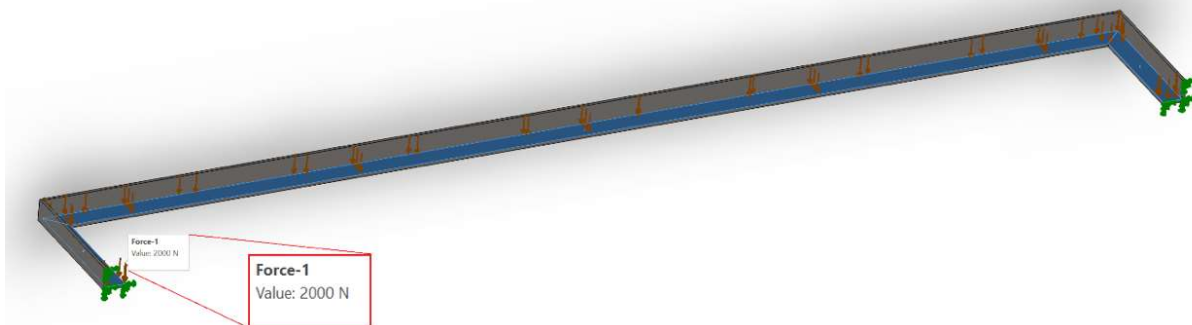


Figura 3.3.4 – Carga e condições-fronteira aplicadas na estrutura do degrau inferior

Concluído o estudo estático verifica-se que uma cantoneira de abas iguais de 30 mm, para a carga considerada, apresenta um deslocamento superior a 20 mm. Esta curvatura deve-se a uma tensão de deformação superior à tensão de cedência do material (Figura 3.3.5). Isto faz com que o degrau tenha um comportamento plástico invés de elástico que faz com que este não tenha a capacidade de retornar à sua geometria inicial uma vez deformado.

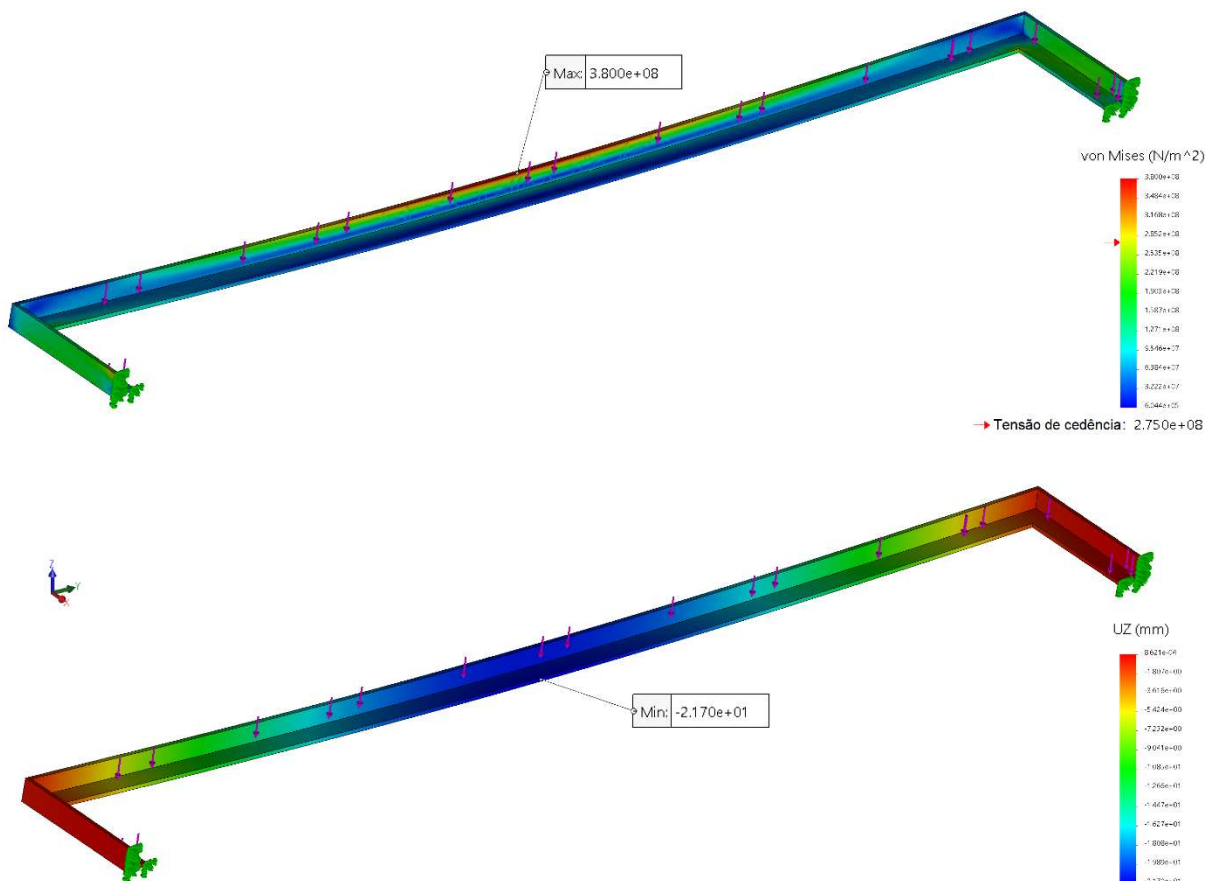


Figura 3.3.5 – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do deslocamento em Z (baixo) da cantoneira de abas iguais

Assim, para diminuir esta deformação, optou-se por utilizar uma cantoneira de abas desiguais com dimensões 30x50x5 mm, sendo esta adequada para a espessura de contraplacado e robusta para suportar a carga pretendida. Abaixo é possível observar que esta, ao contrário da cantoneira do estudo anterior, para a mesma carga, encontra-se abaixo da tensão de cedência e também abaixo da deformação pretendida (Figura 3.3.6).

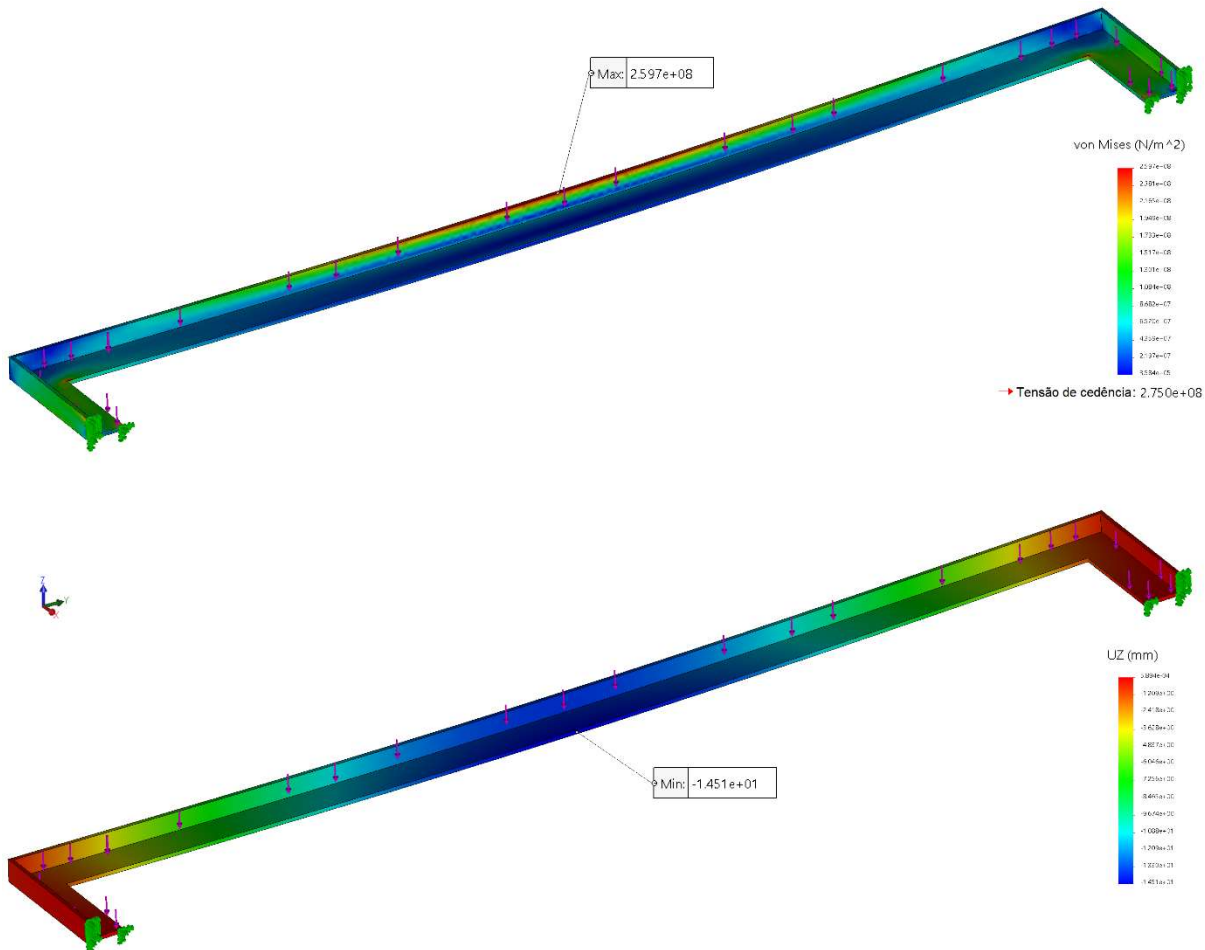


Figura 3.3.6 – Simulação estática das tensões von Mises (cima) e do deslocamento em Z (baixo) da cantoneira de abas de 30x50x5 mm

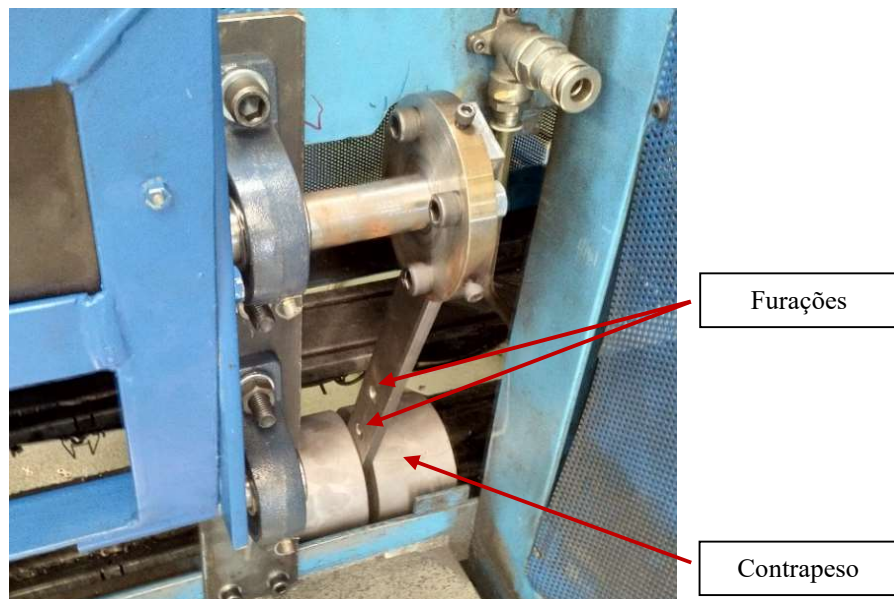
### 3.3.6. Resultados e melhorias

Os degraus foram aplicados numa das linhas para verificar se a proposta se adequa às necessidades e se cumprem os objetivos pretendidos. O conjunto total necessita de um binário máximo de 135 N.m para retrain e o contrapeso aplicado provoca um binário máximo de aproximadamente 120 N.m. Devido a esta diferença de binário, o degrau mantém-se na posição de utilização e, para retrain o conjunto, é necessário um esforço mínimo da parte da operadora, aumentando assim a segurança de utilização (Figura 3.3.7).



**Figura 3.3.7 – Proposta de degraus retráteis em posição de utilização**

Caso se pretenda que os degraus auto contraíam quando não são utilizados, a barra do contrapeso foi concebida com diversos furos de forma a incluir mais pesos, uma vez que pesos de maiores dimensões na posição mais afastada interferem com os restantes componentes móveis no interior da linha (Figura 3.3.8).



**Figura 3.3.8 – Contrapeso dos degraus**

Numa primeira abordagem, definiu-se que é necessário incluir dois pequenos degraus complementares que preencham o espaço presente do lado direito para evitar falhas de segurança, existindo a possibilidade de as operadoras se lesionarem. Devido à presença de uma botoeira do lado esquerdo, os degraus, quando recolhidos, ficam um pouco mais afastados que o pretendido (Figura 3.3.9). Apesar do sucedido, não é comprometido qualquer procedimento, nem é prejudicada a postura de trabalho da operadora.



**Figura 3.3.9 – Interferência entre os degraus e botoeira de controle**

De forma a tornar todo o sistema mais leve, em novos modelos, poderão ser utilizadas placas de chapa expandida invés do contraplacado. Assim, mantêm-se as condições de segurança continuando a ser uma superfície antiderrapante, muito mais leve (Figura 3.3.10).



**Figura 3.3.10 – Exemplos de chapa expandida presentes na empresa**

### 3.4. Normalização da Preparação e Análise Metalográfica de Materiais em Aço

Na SRAM todos os componentes correspondentes às correntes sofrem tratamentos térmicos e/ou químicos. Estes tratamentos têm como objetivo melhorar as características mecânicas dos materiais utilizados, tais como a dureza, a resistência à corrosão, abrasão, entre outras.

Destes tratamentos, no caso dos rolos e eixos, a cementação e tratamentos delta são os mais comuns. Já as placas são comumente sujeitas a têmpera e revenido.

Para garantir que todos os tratamentos são executados dentro dos parâmetros definidos pela empresa é necessário realizar testes de dureza e visuais por cada lote de peças, anteriormente a estas serem submetidas a montagem, de forma a garantir a conformidade de produto.

#### 3.4.1. Atualidade

Quando realizados os testes aos componentes, estes, sejam placas, rolos ou eixos, passam pelo mesmo tipo de desbaste e polimento.

Inicialmente as peças são colocadas numa prensa, num prato magnético e, posteriormente, é descido este prato na prensa. Com o prato na posição inferior coloca-se a resina, em grão, muito calmamente para não deslocar os componentes. Por fim é iniciado o programa e a resina funde a uma temperatura e pressão definidos pela empresa, envolvendo os componentes. Concluído o programa, o prato sobe e remove-se o molde (Figura 3.4.1).



Figura 3.4.1 –Prensa de preparação de moldes (esquerda) e molde de rolos (direita)

Preparados os moldes, estes avançam para a retificadora onde serão desbastados. Para fixar os moldes à mesa da retificadora recorre-se a um suporte metálico onde estes são posicionados e alinhados. Uma vez definido o ponto zero na retificadora, ou seja, a cota em que a mó atinge os moldes, é removida uma espessura de 0,4 mm nos rolos e 1-1,5 mm nas placas e eixos. Esta remoção é feita por incrementos de 0,1 mm terminando em duas remoções de 0,05 mm. Estes incrementos não são automáticos sendo necessário a constante presença de um colaborador. Uma vez que os moldes sobressaem relativamente ao suporte, este nunca é atingido pela mó (Figura 3.4.2)



**Figura 3.4.2 – Molde de eixos em posição para desbaste na retificadora**



**Figura 3.4.3 – Moldes posicionados na polidora com disco de desbaste fino montado**

Por fim, os moldes são colocados na polidora com o disco respetivo a cada fase de polimento (Figura 3.4.3). Esta polidora utiliza discos de diamante, com granulometria #500 e #1200, para se fazer um desbaste fino. Apesar de existir uma discrepância elevada de granulométricas, estes discos foram aconselhados pela marca da polidora com base nos discos usados anteriormente pela SRAMPORT. Por fim é aplicada um pouco de pasta de diamante com 3  $\mu\text{m}$  em cada molde e é feito um polimento utilizando um disco-pano.

Ao contrário da retificação, todos os componentes executam os mesmos programas de desbaste fino e polimento, uma vez que, nestas fases, não é removida uma espessura significativa. Também ao contrário da retificadora, a polidora apenas exige a presença do colaborador quando é necessário trocar de disco, sendo todo o programa executado automaticamente.

O problema mais recorrente nos processos referidos anteriormente é a ocorrência de picos de temperatura que danificam as peças, cuja causa é desconhecida, aumentando assim a dureza superficial das peças, interferindo com os resultados finais.

Todo o processo referido atrás pode chegar a ocupar um colaborador durante 5 horas.

O acabamento final não é perfeito, devido à existência de riscos profundos e manchas de resina, mas é considerado adequado para os testes pretendidos (Figura 3.4.4).

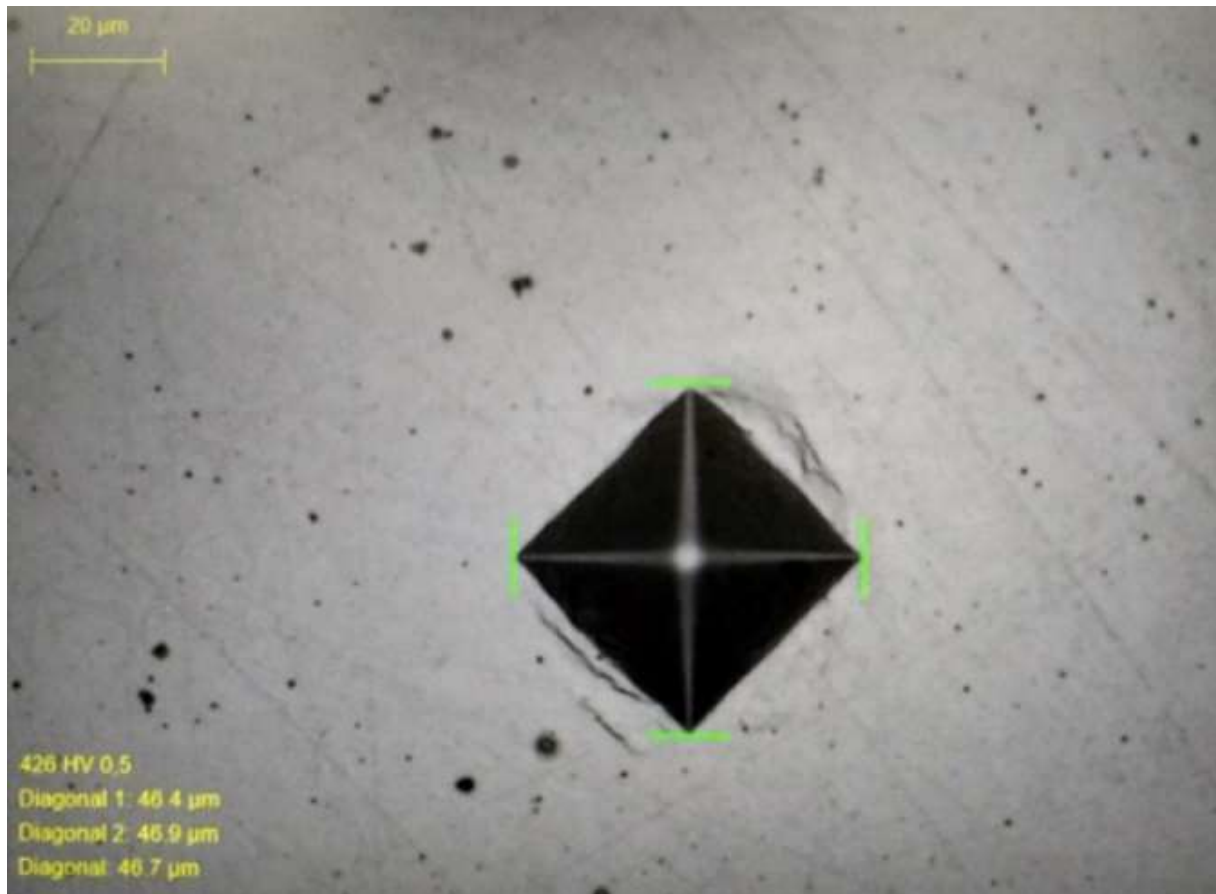


Figura 3.4.4 – Foto de um teste de dureza executado com os parâmetros atuais

### 3.4.2. Objetivos

Pretende-se reduzir ou eliminar dois fatores, sendo estes o tempo de operação e o dano nas peças. Para tal, pretende-se elaborar um novo método de preparação ou modificar os atuais de forma a não ocupar o colaborador durante elevados períodos de tempo e/ou que seja mais rápido.

### 3.4.3. Dificuldades de projeto

São testados frequentemente três componentes da corrente, rolos, eixos e placas. Cada componente possui uma gama de dimensões e tratamentos térmicos e/ou químicos neles aplicados. Estes pontos afetam o desgaste devido às suas diferentes áreas de secção e durezas, respetivamente.

### 3.4.4. Proposta

A polidora, uma vez em funcionamento, não necessita de supervisão permitindo que o colaborador execute outras tarefas enquanto esta opera.

Esta possibilita também a montagem de um disco de diamante com uma granulometria de #80, próximo da granulometria da mó da retificadora. Assim, serão criados novos programas na polidora, com este novo disco, simplificando a preparação das peças para teste.

Dada a existência do disco de granulometria #80, propõem-se a eliminação do processo de retificação, passando a ser apenas utilizada a polidora.

### 3.4.5. Testes e otimização

Todos os programas foram reconfigurados de forma a obter o melhor acabamento possível.

Verificou-se que não existe grande benefício em usar ambos os discos de #500 e #1200. Desta forma, removeu-se o programa do disco de #500 melhorando assim o tempo de preparação, mantendo um acabamento aceitável para análise.

Foram criados diversos programas para o disco de granulometria #80 devido às diferentes configurações dos moldes e devido às diferentes peças incluídas em cada molde. Verificou-se que apesar de se prepararem componentes com tratamentos distintos, a espessura removida é aproximada podendo-se assim excluir esse fator.

Desta forma, independentemente dos diferentes tratamentos, foram definidos os seguintes programas:

- Rolos
  - Programa para 15 rolos;
- Eixos
  - Programa para 15 eixos;
  - Programa para 30 eixos;
  - Programa para eixos de cassete;
- Placas
  - Programa para 5 placas;
  - Programa para 15 placas;
  - Programa para 5 placas com remoção de 4 mm de espessura;

Verificou-se também que o tempo de desbaste é proporcional à espessura removida, entre cada componente, ou seja, o tempo de preparação de um molde de eixos com 15 peças é metade do tempo necessário para um molde com 30 eixos, mas o tempo de preparação de um molde de eixos com 15 peças é diferente do tempo de desbaste de um molde de rolos com 15 peças.

Para os restantes discos foi definido um programa por disco sendo o desbaste fino e polimento final idêntico para todos os componentes.

Devido ao elevado desgaste provocado no disco de granulometria #80 foi realizado um teste de durabilidade para verificar quando deveriam ser ajustados os tempos de desbaste para remover a espessura pretendida. Para tal foram criados 5 moldes com rolos, eixos e placas, com os tratamentos mais comuns realizados nestes componentes. A seguir, são demonstrados todos esses moldes onde se pode observar os pontos de leitura da espessura, a sigla dos componentes, rolos, eixos e placas, e a sigla do tratamento neles realizado, cementação, delta e têmpera e revenido (Figura 3.4.5).



**Figura 3.4.5 – Moldes-teste para verificação do tempo de vida do disco de granulometria #80**

Devido à proporcionalidade do tempo de desbaste e espessura a remover foi definido um período de funcionamento de 1 minuto 30 segundos e, consoante a espessura removida, é determinado quanto tempo é necessário para remover a espessura pretendida, no estado atual do disco.

Abaixo, encontram-se listados todos os parâmetros de funcionamento da polidora, para o disco de #80, durante a realização de cada teste, sendo posteriormente apenas ajustado o tempo de desbaste para cada componente (Tabela 3.4.1).

Disco	Parâmetros	Programa 80
Granulometria #80	Rotação Disco	300 rpm
	Rotação Suporte	50 rpm
	Força	50 N
	Tempo	1min30s
	Lubrificante / Dosagem	Água / -
	Material abrasivo / Dosagem	N/A
	Sentido Rotação	>>

**Tabela 3.4.1 – Parâmetros do programa utilizado para testar o tempo de vida do disco de granulometria #80**

Os testes foram intercalados com a utilização regular da polidora. Desta forma são definidos dois parâmetros prioritários sendo estes o tempo de funcionamento e a espessura removida.

Sempre que possível foi realizado um novo teste e registado o valor de espessura removida nos moldes-teste assim como o tempo de funcionamento do disco anteriormente ao teste.

Registaram-se as espessuras removidas em cada molde sempre que é feito um novo teste assim como o tempo total de funcionamento desde o início dos testes (Tabela 3.4.2).

Tempo de funcionamento [min]	Espessura removida [mm]				
	Rolos C	Rolos D	Eixos C	Eixos D	Placas T+R
0	0,22	0,24	0,19	0,23	0,31
23	0,12	0,13	0,12	0,14	0,19
61	0,09	0,13	0,12	0,11	0,14
118	0,07	0,07	0,09	0,08	0,10
188	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06

**Tabela 3.4.2 – Registo de tempo de funcionamento e espessura removida em cada teste**

Devido ao tamanho e fragilidade dos cristais nas primeiras utilizações do disco, verifica-se que apesar de remover uma elevada quantidade de material, estas características do disco fazem com que este tenha um desgaste inicial elevado estabilizando ao longo do tempo. Estes valores indicam que será necessário ter em atenção sempre que um novo disco seja utilizado podendo este remover demasiado material.

Transitando estes valores para uma base gráfica, conclui-se que o desgaste deste disco possui um comportamento logarítmico com uma tendência para um declive negativo tal como esperado (Figura 3.4.6).

Este declive faz com que o disco tenha de ser analisado regularmente para garantir que é removida a espessura pretendida.

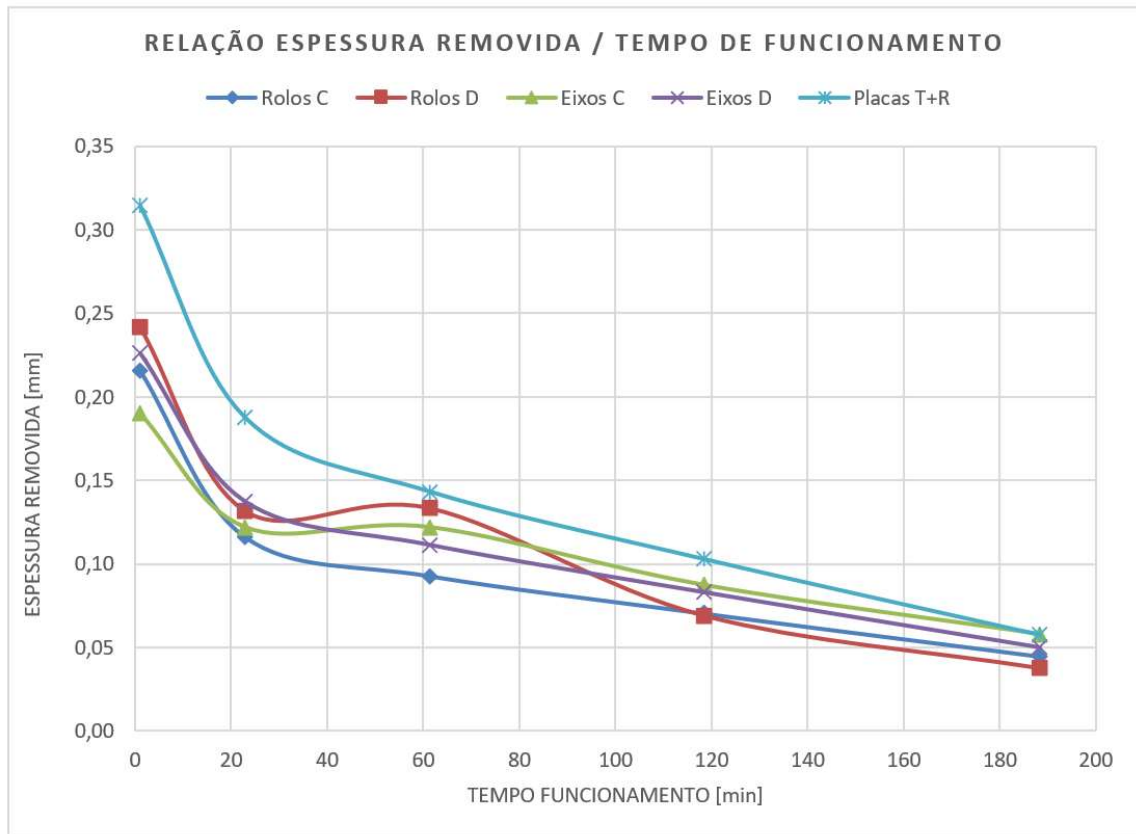


Figura 3.4.6 –Relação [Espessura removida - Tempo de funcionamento] do disco de granulometria #80

### 3.4.6. Resultados e melhorias

Como é possível observar, apesar das peças sofrerem tratamentos diferentes, moldes com peças do mesmo tipo apresentam espessuras removidas aproximadas.

Devido à irregularidade do número moldes a analisar ao longo de uma semana e dos componentes a preparar é aconselhável que, no fim de cada semana de trabalho, se analise a espessura removida no desgaste grosseiro. Para tal, é suficiente analisar um molde por peça, durante pelo menos 1 minuto e 30 segundos, verificar a espessura removida e verificar se é necessário ajustar o tempo de desgaste.

É importante referir que sempre que é utilizada a pedra de afiar, própria destes discos, verifica-se uma ligeira redução do declive de desgaste do disco. Como tal, foi definido que no final de cada semana, sempre que seja executada a manutenção e limpeza da polidora e revista a capacidade de desgaste do disco, este seja afiado conforme aconselhado pelo manual.

Relativamente aos resultados observados no microscópico (Figura 3.4.7), verificam-se ligeiras melhorias comparativamente aos resultados anteriores. Ambos os objetivos foram cumpridos, os tempos de preparação foram substancialmente reduzidos e os danos nos moldes eliminados.

Apesar de ser necessário adquirir mais material para a polidora estes custos são justificados pelo tempo disponibilizado ao operador para executar outras tarefas.

Como substituto é utilizada uma suspensão de diamantes de 3  $\mu\text{m}$ . Assim o doseamento é constante e controlado pela polidora passando a ser apenas necessário que o operador troque os discos e coloque os moldes nas respetivas posições, evitando assim sobredosagem e custos acrescidos. O processo torna-se completamente automático não sendo necessário aplicar pasta abrasiva.

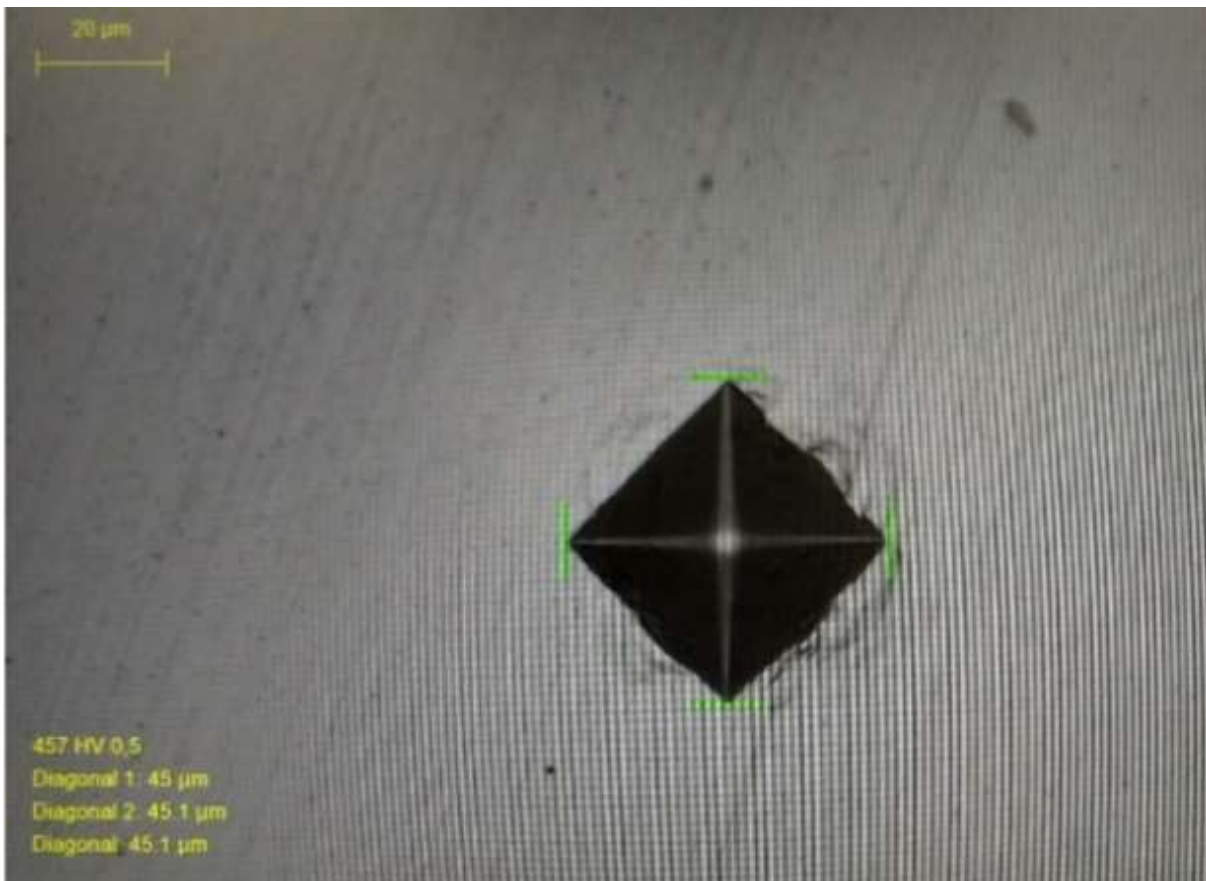


Figura 3.4.7 – Foto de teste de dureza de um molde preparado com o método proposto

## 4. CONCLUSÃO

Este estágio incidu sobre a melhoria de processos de produção, com o objetivo de reduzir esforços físicos e custos acrescidos para a empresa. Esta melhoria visou promover melhores condições de trabalho permitindo assim que os operadores realizassem as suas tarefas de forma mais simples e segura. Foi necessário analisar e compreender todo o processo antecedente à sua otimização, para posteriormente decidir qual a melhor abordagem.

O sistema articulado aplicado nas bancadas de pré-montagem das rodas, apesar de não ser perfeito, apresentou bons resultados e cumpriu com os objetivos estipulados. A ferramenta proposta para agilizar o enraiar da roda necessita ser reestudada e verificar o que pode ser alterado. Ainda assim, apesar de esta alternativa não ter funcionado como pretendido, a proposta dos novos apoios permitiu poupar algum tempo na montagem, devido ao aro ter agora uma rotação mais facilitada e não sair dos roletes durante a montagem, não sendo necessário reposicioná-lo.

No setor da niquelagem, devido ao longo período que foi necessário para adquirir o motor e também ao longo período da manutenção da secadora, a proposta aceite não pode ser terminada a tempo. O mesmo acontece no caso do suporte que, devido a este projeto ter surgido pouco tempo antes do final do estágio, não foi possível realizar mais rapidamente. A plataforma, não tendo capacidade para eliminar todo o processo de deslocamento dos tabuleiros, não foi aceite ficando apenas na fase de orçamento. O curto espaço presente e as dimensões da secadora e do carro de transporte dos tabuleiros dificultam qualquer alternativa que se possa propor para aquele problema.

Os degraus retráteis, apesar de eficazes, necessitam de pequenas modificações. Este projeto sofreu pela carência de consulta com a equipa. Foi um projeto desnecessariamente demorado durante a fase de dimensionamento, os materiais utilizados não foram os mais indicados e surgiram pequenos problemas ao longo do seu desenvolvimento que não foram detetados de início, tais como a interferência com componentes internos da linha e a interferência com as botoeiras. Todos estes problemas seriam facilmente detetados por colaboradores mais experientes daí poder concluir que a discussão em equipa é importante, para se puder elaborar um bom trabalho e para se consumir o menor tempo possível a executar esse trabalho.

Embora o novo processo de preparação das amostras necessite de material extra, estes custos são facilmente justificados pela liberdade dada ao colaborador para executar outras tarefas, podendo aumentar assim a sua eficiência. Idealmente este processo poderia ser melhorado se fosse utilizada uma polidora com controlo de cota, desta forma deixaria de ser necessário verificar a saúde do disco de desgaste grosseiro tão frequentemente.

Em suma, foi possível cumprir o objetivo deste estágio, uma vez que as condições de trabalho, afetadas pelos problemas que levaram aos projetos desenvolvidos, foram melhoradas.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Malça, C. (2014). *Transmissões por correntes*. Documentação de Apoio à Unidade Curricular “Órgãos de Máquinas I” da Licenciatura em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Ramos, S (2018). *Manual de Acolhimento*. SRAMPort – Transmissões Mecânicas, Lda.

Roseiro & Ramos (2018). *Cálculo Automático de Sistemas Mecânicos*. Mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

SRAM (2019) SRAM: Tweak. Refine. Tweak. Refine. Leap Ahead. disponível em <https://www.sram.com/en/sram/models/gs-xx-1e-a1>

SRAM (2019) SRAM: Tweak. Refine. Tweak. Refine. Leap Ahead. disponível em <https://www.sram.com/en/sram/models/gs-x0-1e-a1#product-detail-gallery-zoom>

SRAM (2019) SRAM: Tweak. Refine. Tweak. Refine. Leap Ahead. disponível em <https://www.sram.com/en/sram/road/products/chains?filters=&sort=Relevancy&page=1>

ZIPPER (2017) 808 NSW Carbon Clincher Tubeless Disc brake. disponível em <https://zipper.com/wheels/808-nsw-carbon-clincher-tubeless-disc-brake/>