

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

WILLIAN CARBONAR MELLA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MECANISMOS DE RETORNO RÁPIDO
PARA PLAINA LIMADORA**

PATO BRANCO

2025

WILLIAN CARBONAR MELLA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MECANISMOS DE RETORNO RÁPIDO
PARA PLAINA LIMADORA**

**Comparative analysis between two quick return mechanism for a shaper
machine**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – campus
Pato Branco.

Orientador(a): Fabio Rodrigo Mandello Rodrigues.

PATO BRANCO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento do trabalho, mesmo para fins comerciais, sem a possibilidade de alterá-lo, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

WILLIAN CARBONAR MELLA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MECANISMOS DE RETORNO RÁPIDO
PARA PLAINA LIMADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus
Pato Branco.

Data de aprovação: 14/outubro/2025

Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues
Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Joamilton Stahlschmidt
Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Fabiano Ostapiv
Doutorado em Engenharia Mecânica.
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

PATO BRANCO

2025

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a análise de um mecanismo de retorno rápido, visando a substituição do sistema manivela formador, presente na plaina limadora atualmente. O objetivo do trabalho é dimensionar e analisar a melhor situação do mecanismo escolhido, variando o dimensionamento e observando como isso influencia na razão de tempo do sistema. A plaina limadora é utilizada nos processos de usinagem, como o faceamento de topo, chanfros e rasgos. A máquina funciona em um ciclo de avanço (trabalho) e retorno (sem trabalho); a partir disso, é ideal reduzir o tempo de retorno através de um mecanismo de retorno rápido melhor, já que isso reduziria o tempo perdido no processo. O mecanismo escolhido para comparação com o manivela formador foi o de seis barras. A escolha e a metodologia foram baseadas no estudo bibliográfico, onde foram analisados conceitos e regras para construção de mecanismos de retorno rápido. O critério que determinou o seis barras como melhor candidato foi a razão de tempo, onde é analisado o ângulo de retorno e avanço do sistema. A partir das equações da bibliografia, foi feita uma tabela no Excel variando o dimensional do sistema e analisando a variação da razão de tempo. Foram respeitados os critérios dimensionais, e, através disso, foi determinado o melhor dimensionamento, obtendo uma relação superior ao sistema presente atualmente na plaina. O sistema foi modelado no AutoCAD para ilustrar o melhor dimensionamento possível, seguindo os objetivos do trabalho.

O resumo deve ressaltar de forma sucinta o conteúdo do trabalho, incluindo justificativa, objetivos, metodologia, resultados e conclusão. Deve ser redigido em um único parágrafo, justificado, contendo de 150 até 500 palavras. Evitar incluir citações, fórmulas, equações e símbolos no resumo. A referência é elemento opcional em trabalhos acadêmicos, sendo que na UTFPR adotamos por não incluí-la nos resumos contidos nos próprios trabalhos. As palavras-chave e as *keywords* são grafadas em inicial minúscula quando não forem nome próprio ou nome científico e separados por ponto e vírgula.

Palavras-chave: plaina limadora; mecanismo de retorno rápido; manivela formador; mecanismo de seis barras; razão de tempo.

ABSTRACT

This undergraduate thesis presents an analysis of a quick-return mechanism, aiming to replace the crank shaper mechanism currently used in shaping machines. The objective of this work is to design and analyze the optimal configuration of the chosen mechanism by varying its dimensions and observing how this influences the system's time ratio. The shaping machine is utilized in machining processes such as top-facing, chamfers, and keyways. The machine operates in a cycle of forward stroke (working) and return stroke (non-working); therefore, it is ideal to reduce the return time through a superior quick-return mechanism, as this would reduce time wasted in the overall process. The six-bar mechanism was chosen for comparison with the crank shaper mechanism. The selection and methodology were based on a literature review, where concepts and rules for the construction of quick-return mechanisms were analyzed. The criterion that determined the six-bar mechanism as the best candidate was the time ratio, which analyzes the return and forward angles of the system. Based on equations from the literature, an Excel spreadsheet was used to vary the system's dimensions and analyze the resulting variation in the time ratio. Dimensional criteria were respected, and through this process, the optimal dimensioning was determined, achieving a superior time ratio compared to the system currently present in the shaper. The system was modeled in AutoCAD to illustrate the best possible dimensioning, following the work's objectives.

Keywords: shaping machine; quick-return mechanism; crank shaper mechanism; six-bar mechanism; time ratio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	OBJETIVOS	5
1.1.1	Objetivo geral	5
1.1.2	Objetivos específicos.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Conceitos de mecanismos	6
2.1.1	Juntas cinemáticas	6
2.1.2	Graus de liberdade	8
2.2	Plaina limadora	9
2.3	Mecanismos de retorno rápido	10
2.3.1	Mecanismo de seis barras.....	11
2.3.2	Mecanismo Whitworth	12
2.3.3	Mecanismo manivela deslocada.....	12
2.3.4	Mecanismo manivela formador.....	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1	Escolha dos mecanismos	14
3.2	Dimensionamento	15
3.3	Modelagem	18
3.4	Comparação das relações de tempo	18
	REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

Os mecanismos de retorno rápido são um conceito importante da engenharia, eles visam otimizar o tempo de operação de maquinários através de um retorno rápido para posição inicial após a execução do trabalho. São compostos pelas combinações de um mecanismo quadrilátero articulado com um mecanismo biela-manivela-pistão, fazendo o uso de motores rotativos com rotação constante.

A partir disso, um exemplo de máquina que utiliza esse sistema é a plaina limadora, ela faz o uso de biela-manivela do tipo manivela formador, na qual a manivela é considerada fixa. A plaina tem seu uso centralizado nos processos de usinagem como rebaixos, chanfros, e faceamento de topo em peças metálicas. O ciclo da máquina é dividido em duas partes, segundo Filipi (2002) a primeira seria o avanço onde a ferramenta avança para exercer trabalho e retirada de material, e a outra etapa é o retorno, onde a ferramenta retorna à posição inicial sem haver trabalho sendo feito. Portanto a eficiência do processo de usinagem depende diretamente do mecanismo, na qual a ferramenta retorna rápido à posição inicial após cada ciclo de corte, dessa forma otimizando o processo de produção e reduzindo o tempo de retorno.

Tendo em vista que a plaina utiliza um sistema de retorno rápido, o trabalho será voltado ao estudo de diferentes tipos de mecanismos, além da comparação deles com o sistema já presente e utilizado nas plainas limadoras. Dentre esses mecanismos, existem vários fatores que diferem uns dos outros, sendo eles em relação a sua complexidade, tamanho, e principalmente o módulo de velocidade de avanço e retorno. Após a definição dos mecanismos, será escolhido mais eficiente dentre os possíveis para ser dimensionado e simulado junto com o mecanismo presente na plaina, as comparações serão limitadas ao tempo de avanço e de retorno, que são os conceitos relevantes para a plaina limadora.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo dimensionar novos mecanismos de retorno rápido para a plaina limadora, na qual já possui um sistema do tipo manivela formador. Além disso, fazer as comparações tempo de avanço e retorno entre os mecanismos dimensionados.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar diferentes mecanismos de retorno rápido
- Analisar a aplicação para diferentes geometrias
- Comparar a velocidade e os deslocamentos entre os mecanismos
- Otimizar mecanismo variando ângulo de trabalho da biela

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

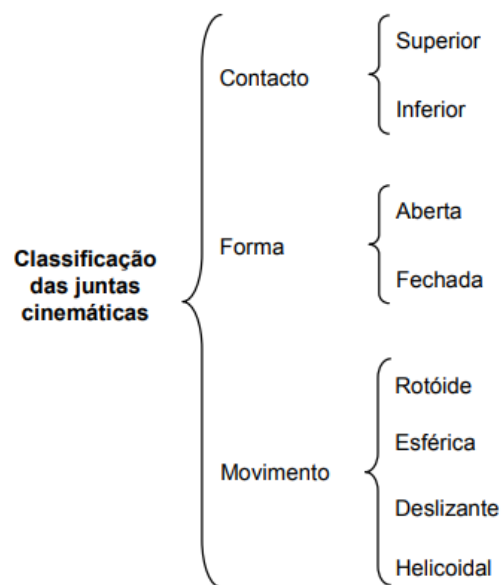
2.1 Conceitos de mecanismos

Para comparar e dimensionar os mecanismos é fundamental entender os elementos que compõem o sistema, sendo eles o conceito de juntas e graus de liberdade do mecanismo. Além disso, todos os cálculos de dimensionamento e regras a serem respeitadas.

2.1.1 Juntas cinemáticas

As juntas impõem restrições ao movimento do sistema, para que o movimento seja transmitido no mecanismo, os elementos do sistema devem estar ligados por estas juntas ou pares cinemáticos. Segundo Flores e Pimenta (2005) as juntas possuem características geométricas distintas essas determinando fatores como o tipo do movimento. Como pode ser observado na Figura 1, os autores dividem as juntas em três classificações, sendo elas em relação ao contato, a forma e ao movimento.

Figura 1 – Classificação das Juntas Cinemáticas



Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2005, p. 24)

Segundo Reuleaux (1876), a primeira classificação se refere ao contato, são divididas em superiores e inferiores, onde a junta superior o contato é linear ou pontual, como em um mecanismo de came-seguidor. Já no tipo inferior o contato é através de uma superfície.

Com relação a forma da junta, Flores e Pimenta (2005) definem que é fechada quando todas as trajetórias dos pontos do componente na qual o outro elemento pertence são conhecidas, por exemplo, todas as juntas de rotação do sistema biela-manivela-pistão. Caso contrário a junta é do tipo aberta, por exemplo, em um came-seguidor.

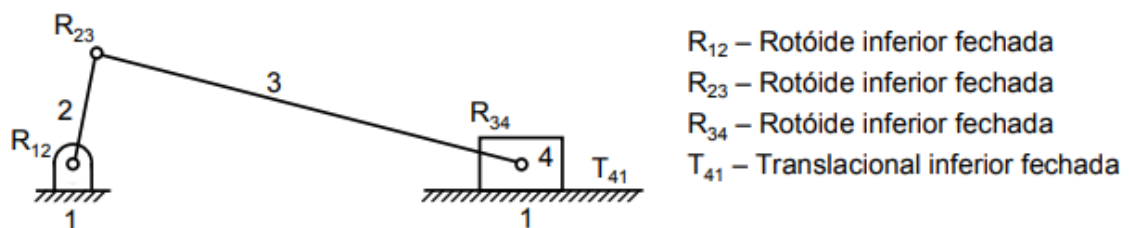
Dentre as juntas classificadas com relação ao seu movimento definida por Reuleaux (1876), somente essas são de interesse ao trabalho:

- Rotação: Movimento do tipo rotativo ou oscilatório em um só plano sendo denominado por articulações.
- Esférica: Movimento de rotação ou oscilação que pode ocorrer em qualquer plano.
- Deslizante: Movimento de translação contendo uma guia e um elemento deslizante.
- Helicoidal: Movimento de rotação em torno de um eixo e de translação na mesma direção deste eixo, um exemplo seria o parafuso.

2.1.1.1 Tipos de Juntas Cinemáticas

As juntas são representadas com uma letra maiúscula essa sendo o tipo de movimento permitido, logo em seguida dos números das barras conectadas. Como no exemplo da Figura 2, onde em R_{12} a junta cinemática representa um movimento de rotação que une as barras 1 e 2, já em T_{41} o movimento é de translação do corpo 4 em relação ao 1, ou seja, movimento deslizante entre a corrediça e o bloco fixo.

Figura 2 – Caracterização das juntas cinemáticas do sistema biela-manivela



Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2005, p. 25)

2.1.2 Graus de liberdade

Outra propriedade importante para a análise dos mecanismos é o número de grau de liberdades do sistema, na qual se trata do número mínimo de parâmetros, coordenadas ou variáveis de entrada que definem a configuração e o movimento de um sistema. Os autores Paulo e Flores (2005) resumem como o número de motores necessários para gerar movimento no sistema.

No geral, quando o sistema tem a configuração completamente definida em relação ao posicionamento de seus corpos, é dito que o sistema tem um grau de liberdade.

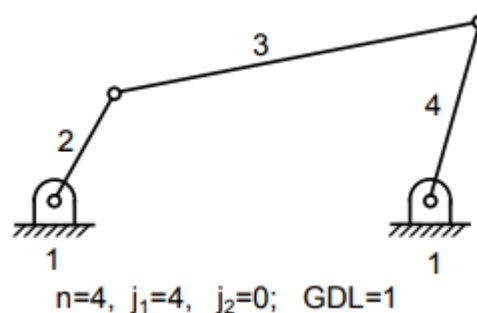
Para determinar o grau de liberdade do sistema, é utilizado o critério de Grübler.

Equação de Grübler:

$$M = 3 * (n - 1) - 2 * Jp - Jh \quad (1)$$

Onde M é o resultado do número de graus de liberdade, n se trata do número de corpos, Jp representa o número total de juntas primárias (pinos e juntas deslizantes) e Jh representa o número total de juntas de ordem maior (engrenagem e came).

Figura 3 – Cálculo do número de graus de liberdade de um sistema quatro barras



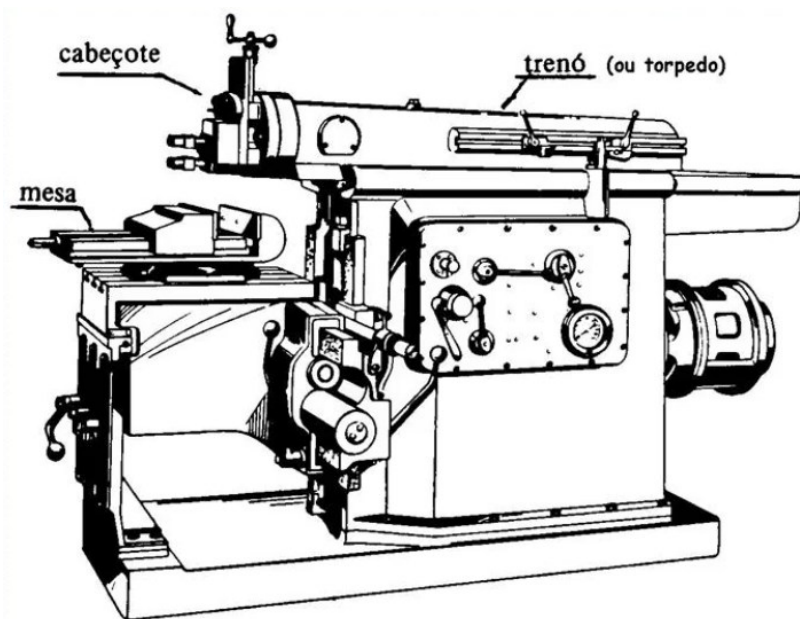
Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2005, p. 29)

Como pode ser visto na Figura 3, temos um sistema quatro barras com 4 corpos diferentes e 4 juntas primárias, resultando em um GDL ou M igual a um grau de liberdade

2.2 Plana limadora

A plana limadora é uma máquina-ferramenta de suma importância na usinagem de metais e outros materiais, o processo aplicado é conhecido como aplainamento, dentre as operações possíveis no aplainamento, Filipi (2002) descreve as mais usuais como chanfros, rasgos, estrias, faceamento de topo. É constituída por três partes principais, sendo elas o cabeçote a mesa e o torpedó como mostrado na Figura 4

Figura 4 – Principais partes da plana limadora



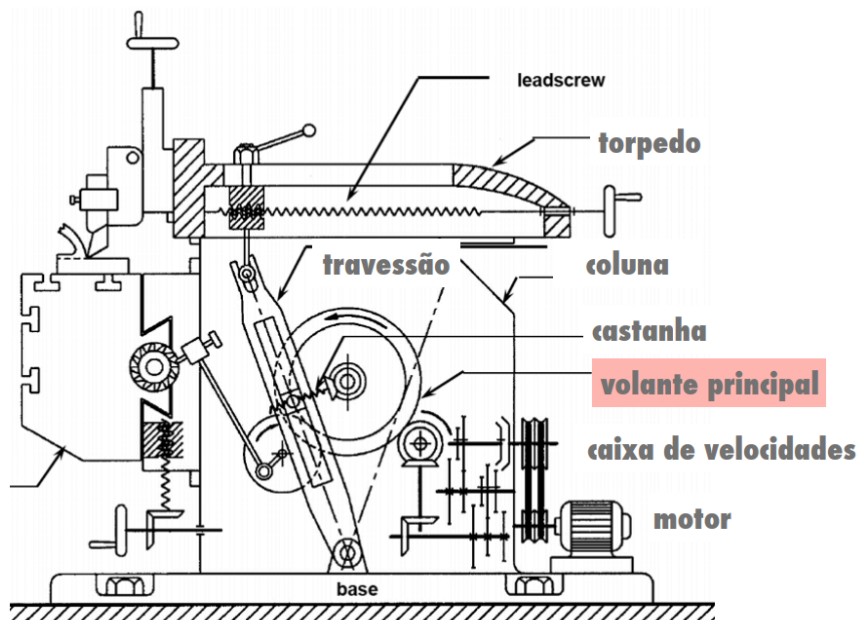
Fonte: Renato Molina da Silva, PUC/RS

A ferramenta de corte e o ajuste de altura são feitos no cabeçote, e o posicionamento segundo Filipi (2002) é feita na mesa mesmo com o auxílio de calços, cantoneiras e grampos. Já no caso de peças menores é utilizado uma morsa para prender a peça.

A máquina funciona em um sistema de avanço e retorno retilíneo, portanto seu ciclo é dividido em duas partes simples, o avanço da ferramenta na qual é retirado material da peça e o retorno da ferramenta na qual não há trabalho sendo feito. A partir disso, é justificável a máquina fazer o uso de um sistema de retorno rápido, já que o objetivo é diminuir o tempo desperdiçado na volta da ferramenta a posição inicial.

O sistema utilizado é do tipo manivela formador, na qual a rotação do motor é transformada em movimento retilíneo, representado na Figura 5.

Figura 5 – Mecanismo da plaina limadora



Fonte: Renato Molina da Silva, PUC/RS

2.3 Mecanismos de retorno rápido

Os mecanismos de retorno rápido são amplamente usados na indústria em processos repetitivos, como as máquinas do tipo fresadoras e limadoras, além disso, também é usado na movimentação de peças ao longo de uma linha de montagem. Na máquina limadora, o mecanismo é aplicado para minimizar o tempo de retorno da ferramenta, devido a ser um momento em que não há trabalho sendo realizado, quanto mais rápido o retorno melhor se torna a capacidade produtiva e, por consequência, também a eficiência da máquina.

Um fator importante na análise é a razão de tempo (RT), a qual diz respeito a relação de tempo entre o avanço e o retorno. Os autores definem que “um mecanismo é, por definição, mecanismo de retorno rápido se e só se a razão de tempo for maior a unidade.” (PAULO FLORES; J.C. PIMENTA CLARO, 2007, p. 56-57).

Equação da razão de tempo:

$$RT = \frac{\alpha}{\beta} \quad (2)$$

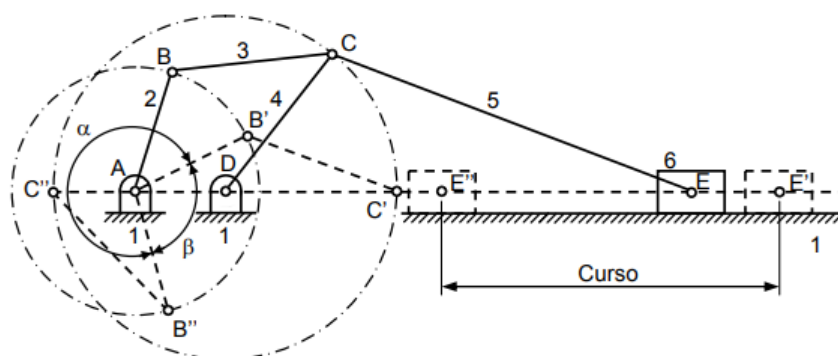
Onde α é o valor do ângulo de avanço e β é o valor do ângulo de retorno.

A partir da equação (2) os autores concluíram que os fatores da velocidade de rotação do órgão motor e o trabalho a ser realizado não influenciam na razão de tempo do sistema, apenas a sua geometria tem papel importante na variação da razão de tempo.

2.3.1 Mecanismo de seis barras

Segundo Norton (2010) a ideia desse mecanismo é projetar um sistema com quatro barras possuindo a relação de tempo desejada e ligar esse sistema a um bloco deslizante. Essa definição pode ser observada na Figura 6, o sistema quatro barras a esquerda sendo o motor do sistema, e a direita sendo a parte onde ocorre o movimento e trabalho do sistema por meio do bloco deslizante.

Figura 6 – Mecanismo de avanço

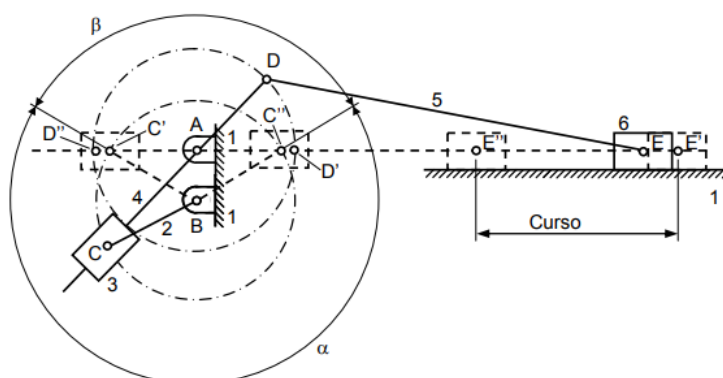


Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2007, p. 24)

2.3.2 Mecanismo Whitworth

Segundo Flores e Pimenta (2007) esse mecanismo é baseado na inversão do sistema biela manivela, na qual uma das manivelas é considerada fixa. Pode ser observado na Figura 7 que tanto a barra 2 como a barra 4 descrevem um movimento de rotação, dessa forma sendo consideradas como manivelas, e o movimento da corrediça 3 é ditado pela barra 4.

Figura 7 – Mecanismo de Whitworth

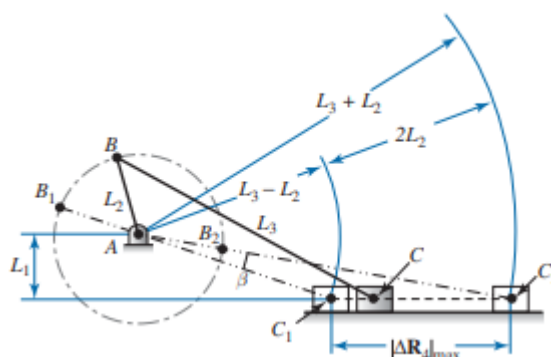


Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2007, p. 25)

2.3.3 Mecanismo manivela deslocada

Se trata de um sistema biela-manivela, na qual como o próprio nome já sugere é caracterizado pela deslocação do eixo da manivela para fora da região de deslizamento do sistema. Essa excentricidade é representada por e na Figura 8.

Figura 8 – Mecanismo manivela deslocada

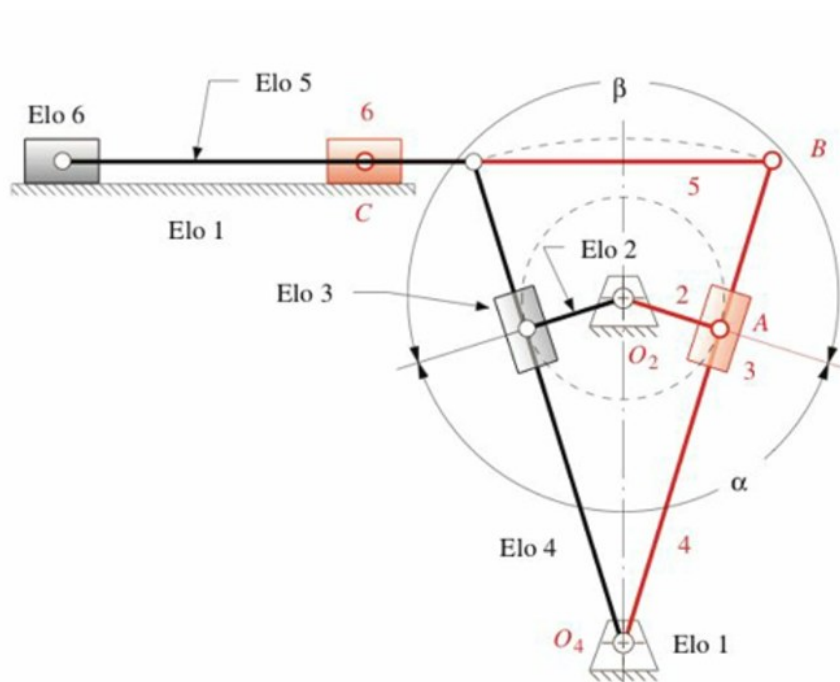


Fonte: David H. Myszka (2012, p. 115)

2.3.4 Mecanismo manivela formador

O sistema de retorno rápido utilizado na plaina limadora é do tipo biela-manivela, conhecido como manivela formador. Segundo Norton (2010) “Dependendo dos comprimentos relativos dos elos, esse mecanismo é conhecido como mecanismo Whitworth ou manivela formador.” (NORTON, ROBERT L, 2010, p. 139). Portanto a relação de tamanho dos elos diferencia os dois sistemas, como a manivela motora é o elo mais curto ela se comporta como um mecanismo de manivela seguidor, também conhecido como manivela formador. Essa análise pode ser observada na Figura 9, o elo da manivela motora 2 é o menor elo do sistema. O movimento de retorno rápido é conseguido na manivela 4 através do pino A que gira em torno de O_2 , durante o avanço. E no retorno o pino condiz ao arco β .

Figura 9 – Mecanismo manivela formador

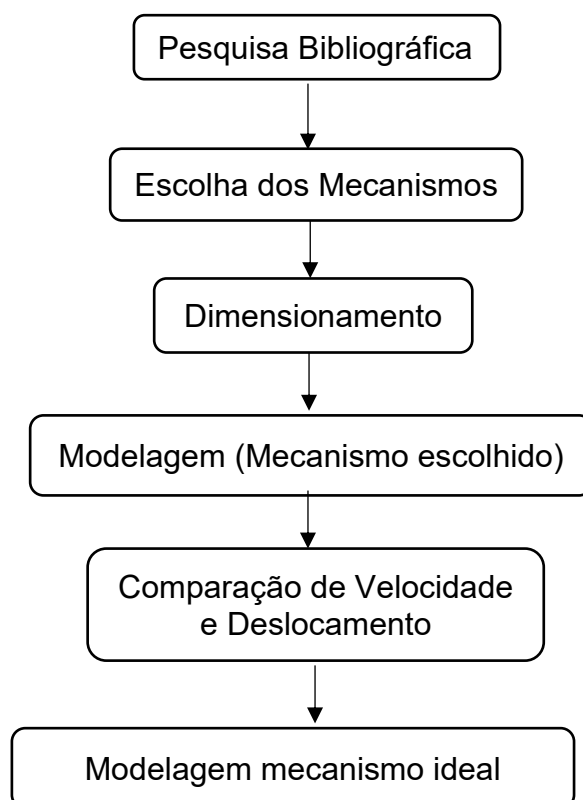


Fonte: Robert L. NORTON (2010, p. 138)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de definir como será a metodologia e os materiais, foi elaborado um fluxograma com as principais etapas do trabalho. Através desse passo a passo, será definido os requisitos necessários do trabalho.

Figura 10 – Fluxograma do trabalho



Fonte: Autoria própria (2025)

3.1 Escolha dos mecanismos

O critério utilizado na escolha do mecanismo foi as relações de tempo dos sistemas, Norton (2010) descreve o sistema da plaina sendo como “Um mecanismo comumente utilizado, capaz de grandes relações de tempo” (NORTON, ROBERT L, 2010, p. 138). Tendo isso em vista, o autor divide a mesma opinião sobre outro sistema, onde ele diz que “Relações de tempo maiores, até 1:2, podem ser obtidas projetando-se um mecanismo de seis barras.” (NORTON, ROBERT L, 2010, p. 136).

A partir disso foi determinado a escolha do mecanismo seis barras para o dimensionamento e comparação com o sistema manivela formador presente na plaina limadora.

3.2 Dimensionamento

Para dimensionar o sistema escolhido foi determinado quatro comprimentos para as barras, esses valores seguem a regra de Grashof, segundo Norton (2010) para atender a condição um dos elos deve fazer uma rotação completa, ou seja, 360 graus. Essa análise é feita através da expressão matemática (3).

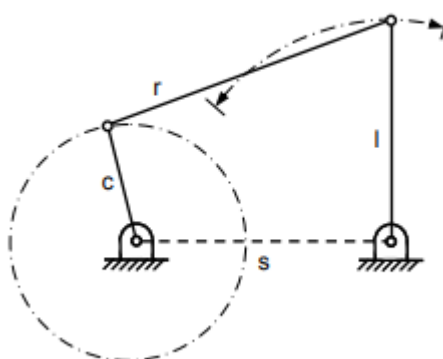
Regra de Grashof:

$$c + l \leq r + s \quad (3)$$

Onde c é o comprimento da barra mais curta, l é o comprimento da barra mais longa, s e r são os comprimentos das barras intermediárias.

As letras que representam as barras específicas podem ser observadas no sistema a ser dimensionado na Figura 11. As setas em pontilhado mostram o percurso do movimento do sistema.

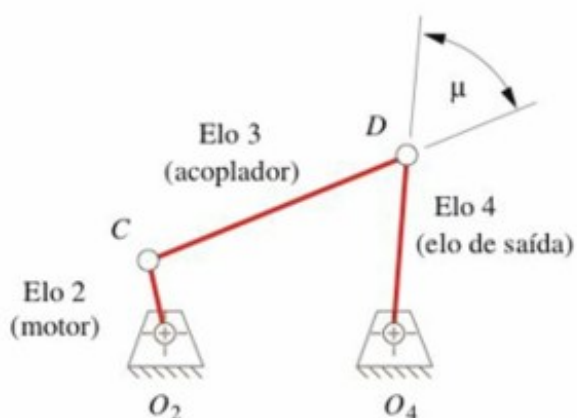
Figura 11 – Relação da regra de Grashof



Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2007, p. 4)

Após a conferência do sistema dentro da regra estabelecida, é necessário atender mais um critério relacionado ao ângulo de transmissão como mostrado na Figura 12. Segundo Norton (2010) é necessário que esse ângulo esteja minimamente acima de 40 graus, para promover uma transmissão suave e evitar o bloqueio do sistema pelo atrito nas juntas evitando também que as barras fiquem alinhadas.

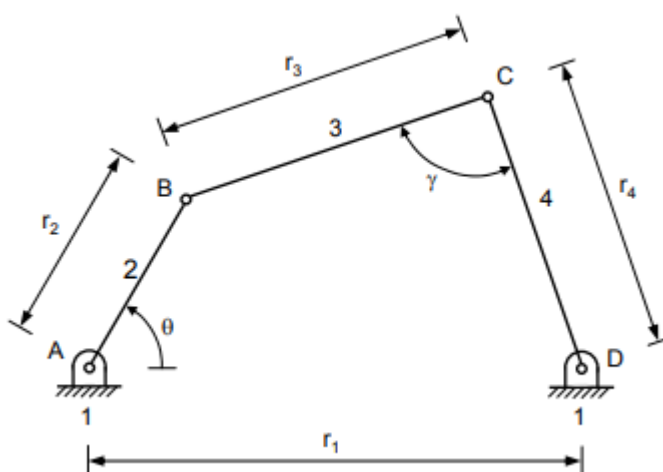
Figura 12– Ângulo de transmissão



Fonte: Robert L. NORTON (2010, p. 118)

Para encontrar o valor desse ângulo, Flores e Pimenta (2007) utilizam uma fórmula que vem da relação de triângulos do sistema, utilizando a lei dos cossenos como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Ângulo de transmissão do sistema



Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2007, p. 5)

Lei dos cossenos:

$$|BD|^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2 * r_1 * r_2 * \cos(\theta) \quad (4)$$

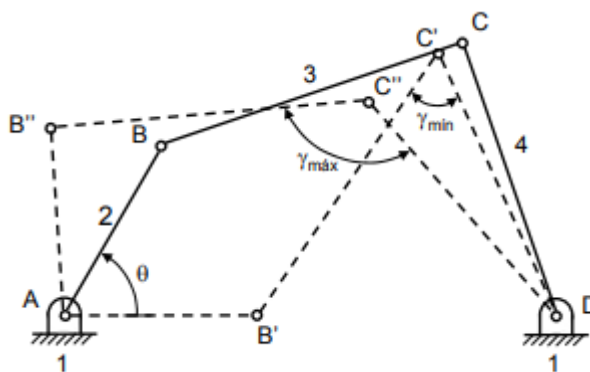
$$|BD|^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2 * r_3 * r_4 * \cos(\gamma) \quad (5)$$

Igualando as equações (4) e (5) obtemos a equação do ângulo de transmissão:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2 + 2 * r_1 * r_2 * \cos(\theta)}{2 * r_3^2 * r_4^2}\right) \quad (6)$$

Sabendo que os comprimentos das barras são conhecidos, é deduzido através da fórmula que γ é uma variável dependente de θ , pode ser notado também que para cada valor de θ diferente temos duas soluções para γ . Essa solução corresponde a dois momentos no ângulo de transmissão, em um momento o ângulo é mínimo e no outro é máximo, como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 – Ângulo de transmissão mínimo e máximo

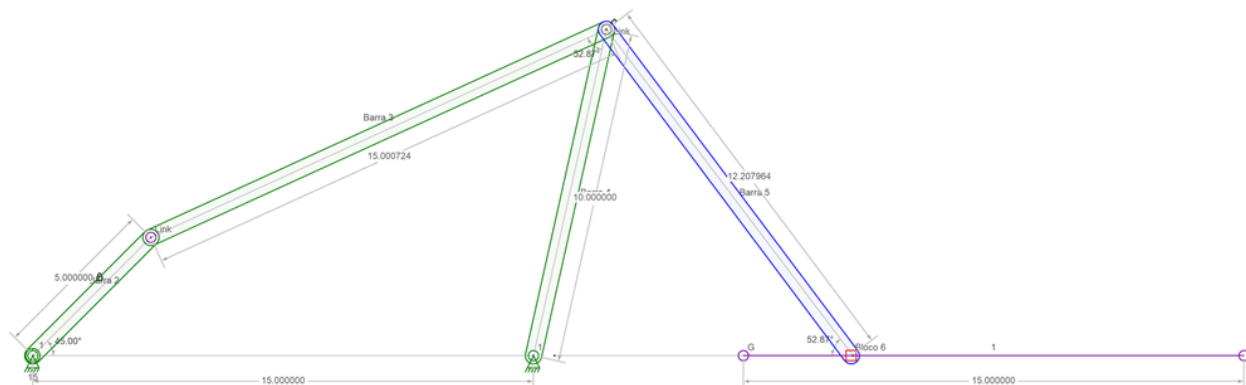


Fonte: Paulo Flores e J. C. Pimenta Claro (2007, p. 6)

3.3 Modelagem

Para ilustrar o mecanismo final com os dimensionamentos previamente feitos, foi utilizado o software Linkage como pode ser observado na figura 15.

Figura 15 – Modelagem do mecanismo



Fonte: Autoria Própria (2025)

São 6 elos em verde, os elos de movimento do sistema, no qual o menor corresponde a parte motora que gira em 360 graus, e o maior que liga o sistema ao bloco de deslizamento apenas descreve o movimento, ou seja, ela é fixa.

3.4 Comparação das relações de tempo

As comparações do sistema serão voltadas na relação de tempo de avanço e retorno. Um sistema que retorna mais rápido para a posição inicial, é o melhor mecanismo, porém para garantir o funcionamento do sistema é necessário seguir a equação de Grashof (3), e para garantir a fluidez do sistema é recomendável manter o ângulo de transmissão a no mínimo 40 graus como citado anteriormente por Norton (2010).

A variação do sistema será na alteração do comprimento da articulação que transmite o movimento para a peça que tem o movimento linear, é esperado que o tempo de retorno seja mais rápido ou mais lento, essa razão acontece devido o tempo está relacionado ao descolamento angular da manivela, se o ângulo para avançar diminuir o tempo será menor, se ele aumentar o tempo será maior. Ou seja, o tempo é proporcional ao deslocamento angular da manivela.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Anna Carla. **Lab 2 - U3 - Ferramentas Monocortantes**. 2013. Disponível em: <http://www.mecanica-ufrrj.educacao.ws/utl/b2evolution/media/blogs/annacarla/Slide-U3-20132.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025.

DAMASCENO VIANNA, Filipi. **Prática de oficina: processos de fabricação**. Porto Alegre, 24 de junho de 2002. Disponível em: <https://www.politecnica.pucrs.br/filipi/pdfs/oficina.pdf>.

EMRAN YAZDANI, Ali; ABYANEH, Soroush. **Dimensional Synthesis of a Six-bar Shaper Mechanism with the Genetic Algorithm Optimization Approach**. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research Vol. 12, No. 2, March 2023.

FLORES, Paulo; PIMENTA CLARO, J.C. **Cinemática de mecanismos: introdução ao estudo de mecanismos**. Guimarães 2005. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35942/1/Capitulo%2001.pdf>

FLORES, Paulo; PIMENTA CLARO, J.C. **Cinemática de mecanismos: análise descritiva de mecanismos**. Guimarães 2007. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35944/1/Capitulo%2002.pdf>

FLORES, Paulo; PIMENTA CLARO, J.C. **Cinemática de mecanismos**. Guimarães 2007. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/82927/1/Cinematica%20de%20Mecanismos.pdf>.

MYSZKA, D. **Machines and mechanisms: Applied kinematic analysis**. 4 ed. Columbus, Ohio: Pearson Prentice Hall, 2012.

NORTON, Robert L. **Cinemática e dinâmica dos mecanismos**. Porto Alegre: AMGH, 2010. E-book. p.3. ISBN 9788580550122.

REULEAUX, Franz. **Kinematics of machinery, outlines of a theory of machines**. London: Macmillan, 1876.

SHIGLEY, J. E., **Cinemática dos mecanismos**. São Paulo: E. Blucher, 1970.

WALDRON, Kenneth J; KINZEL, Gary L. **Kinematics, dynamics, and design of machinery**. New York: J. Wiley, 2004. xi, 668p. ISBN 9780471244172.