

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL  
ENGENHARIA TÊXTIL**

**GUILHERME FELIPE SOUZA PLATH**

**SISTEMA DIDÁTICO DE CAMES E SEGUIDORES APLICADOS A  
TEARES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**APUCARANA**

**2018**

**GUILHERME FELIPE SOUZA PLATH**

**SISTEMA DIDÁTICO DE CAMES E SEGUIDORES APLICADOS A  
TEARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil, da Coordenação do Curso de Engenharia Têxtil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

**Orientador:** Prof. Dr. Wesley Szpak

**Co-orientador:** Prof. Dr. Fabio Alexandre Pereira Scacchetti

**APUCARANA**

**2018**

Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Apucarana  
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

**SISTEMA DIDÁTICO DE CAMES E SEGUIDORES APLICADOS A  
TEARES**

Por

GUILHERME FELIPE SOUZA PLATH

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos onze dias do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às dezesseis horas, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

PROFESSOR(A) WESLEY SZPAK – ORIENTADOR

---

PROFESSOR (A) JOZIEL APARECIDO DA CRUZ – EXAMINADOR(A)

---

PROFESSOR(A) EDUARDO JOSÉ PITELLI – EXAMINADOR(A)

\*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## RESUMO

PLATH, Guilherme Felipe Souza. **Sistema didático de cames e seguidores aplicados a teares**. 2018. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2017.

Devido à baixa oferta de modelos didáticos e interativos de equipamentos e práticas de ensino voltadas para o ensino de engenharia têxtil, o presente trabalho busca investigar a interação de mecanismos em máquinas têxteis. Os objetivos deste trabalho são, desenvolver e imprimir tridimensionalmente um equipamento didático, que simule os movimentos realizados pelos mecanismos de cames e seguidores empregados nas caixas de excêntricos de teares, além de analisar os gráficos de deslocamento gerados pelo equipamento. Como resultados, espera-se o desenvolvimento de um modelo didático que contribua para uma melhor compreensão do mecanismo de formação de cala, e conseqüentemente tecidos planos.

**Palavras-chave:** cames, seguidores, formação de cala, tear.

## ABSTRACT

PLATH, Guilherme Felipe Souza. **Didact system of cams and followers applied in loom machines**. 2017. 55 f. Conclusion work for the undergraduate – Textile Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018.

Because of the low offer of didact and interactive models of equipment and teaching practices oriented to the teaching of textile engineering, this work seeks to investigate the interaction of mechanisms in textile machines. The objectives of this work are to develop and print a 3D teaching equipment that simulates the movements performed by cam mechanisms and followers used in the cam boxes of loom machines, as well as analyzing the displacement graphs generated by the equipment. As result, it is expected to develop a didactic model that contributes to a better understanding of the mechanisms in the shedding formation, and consequently flat woven.

**Keywords:** cams, followers, shedding formation, loom.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismos comuns dos teares .....	22
Figura 2: Representação gráfica da abertura da cala .....	23
Figura 3: Sistema de abertura de cala biela-manivela .....	24
Figura 4: Sistemas de abertura de cala por cames positivo e negativo .....	25
Figura 5: Maquinetas eletrônica .....	26
Figura 6: Sistema de abertura de cala <i>jaquard</i> .....	27
Figura 7: Visão esquemática do sistema de inserção por jato de ar .....	28
Figura 8: Representação de um tear jato de água .....	29
Figura 9: Visão esquemática do sistema de inserção por pinças.....	30
Figura 10: Visão esquemática do sistema de inserção por projétil.....	31
Figura 11: Representação gráfica da batida do pente.....	32
Figura 12: Tipos de batida do pente.....	33
Figura 13: Visão esquemática dos fios de um tecido plano de sarja.....	34
Figura 14: Exemplo de diagrama de padronagem de uma sarja 4x1 .....	35
Figura 15: Tecidos planos fundamentais e seus derivados.....	36
Figura 16: Tecidos de tela e suas variações .....	37
Figura 17: Tecidos de sarja e suas variações .....	38
Figura 18: Tipos de sarja quanto a ângulo de orientação .....	38
Figura 19: Tecidos de sarja quanto ao balanceamento.....	39
Figura 20: Tipos de cetim quanto ao deslocamento do ponto de ligação.....	40
Figura 21: Esquema de funcionamento de um came radial .....	42
Figura 22: Came cilíndrico.....	43
Figura 23: Came conjugado .....	44
Figura 24: Tipos de seguidor em relação a superfície de contato .....	45
Figura 25: Terminologia das linhas de projeto de um came radial .....	46
Figura 26: Diagrama de deslocamento de seguidores .....	48
Figura 27: Diagrama de deslocamento do came com seguidor de rolo .....	49
Figura 28: Diagrama de deslocamento de cames com perfis distintos .....	50
Figura 29: Arranjo dos cames no eixo de transmissão da caixa de excêntricos .....	51
Figura 30: Perfis de cames conjugados e padronagens possíveis.....	53
Figura 31: Impressora 3D Cliever CL2 Pro Plus.....	55
Figura 32: Impressora 3D Cliever CL2 Pro Plus.....	55
Figura 33: Espirógrafo .....	57
Figura 34: Vista explodida do projeto .....	59
Figura 35: Prancheta com cremalheira .....	60
Figura 36: Guia do seguidor .....	61
Figura 37: Haste de apoio para o seguidor .....	62
Figura 38: Eixo de chaveta.....	62

Figura 39: Alavanca de acionamento do eixo.....	63
Figura 40: Pinhão .....	63
Figura 41: Mola de retorno do seguidor .....	64
Figura 42: Seguidor de face plana .....	65
Figura 43: Partes constituintes do seguidor de rolete .....	66
Figura 44: Seguidor de ponta de faca .....	67
Figura 45: Base de apoio da prancheta .....	68
Figura 46: Came padrão .....	69
Figura 47: Came (2 1) .....	69
Figura 48: Came (3 1) .....	70
Figura 49: Came (4 1) .....	70
Figura 50: Came (5 1) .....	71
Figura 51: Impressão do pinhão e dos apoios.....	72
Figura 52: Peças impressas .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pares de contagem dos cetins mais comuns .....	40
--	----



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de peças .....	58
--------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
3.1 MOVIMENTOS COMUNS DOS TEARES.....	21
3.1.1 Abertura da cala.....	22
3.1.2 Inserção de trama .....	27
3.1.3 Batida do pente.....	31
3.2 PADRONAGEM DOS TECIDOS PLANOS .....	33
3.2.1 Tela.....	36
3.2.2 Sarja .....	37
3.2.3 Cetim .....	39
3.3 ABERTURA DE CALA POR CAMES.....	41
3.3.1 Cames e seguidores .....	41
3.3.1.1 Cames.....	41
3.3.1.2 Seguidores.....	45
3.3.2 Projeto de cames.....	46
3.3.2.1 Termos de construção de cames .....	46
3.3.2.2 Diagrama de deslocamento .....	47
3.3.3 Características dos cames das caixas de excêntricos de teares.....	50
3.3.3.1 Características da abertura de cala por cames.....	52
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>53</b>
4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	54
4.2 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO EM SOFTWARE .....	54
4.3 IMPRESSÃO 3D DO EQUIPAMENTO .....	54
4.4 MONTAGEM E TESTE DO EQUIPAMENTO .....	55
4.5 AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	56
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>56</b>
5.1 DESENVOLVIMENTO NO AUTODESK INVENTOR.....	56
5.1.1 Peças desenvolvidas para o sistema.....	58
5.1.1.1 Prancheta com cremalheira .....	60
5.1.1.2 Guia do seguidor.....	60
5.1.1.3 Haste de apoio do seguidor .....	61
5.1.1.4 Eixo de chaveta.....	62
5.1.1.5 Alavanca de acionamento do eixo .....	62
5.1.1.6 Pinhão.....	63
5.1.1.7 Mola de retorno do seguidor .....	64
5.1.1.8 Seguidor de face plana .....	64
5.1.1.9 Seguidor de rolete.....	65

5.1.1.10 Seguidor de ponta de faca.....	66
5.1.1.11 Apoio da prancheta .....	67
5.1.1.12 Came .....	68
5.1.2 Montagem do equipamento desenvolvido .....	71
5.1.3 Relação de desenhos técnicos do projeto .....	71
5.1.4 Produção do equipamento .....	72
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As máquinas fazem parte de nosso dia a dia, sendo cada vez mais difícil imaginar como seria viver sem a presença delas em nossas vidas. Com o uso desses equipamentos o ser humano é capaz de produzir mais produtos de maneira eficiente. Desta forma, as indústrias criam e compram máquinas capazes de produzir outras máquinas ou mesmo executar processos, que tornam o esforço humano cada vez menor (ABIMAQ, 2006).

As máquinas em geral operam com o auxílio de sistemas mecânicos, e associação de subsistemas estruturais e mecânicos, que podem até mesmo ser outras máquinas ou mecanismos menores, responsáveis por transmitir movimento e esforços ao equipamento.

A ciência das máquinas e mecanismos tem por finalidade estudar as leis que regem o deslocamento, velocidade, aceleração, esforço, momento, impulso e forças que os mecanismos transmitem as máquinas. Desta forma o estudo dos sistemas mecânicos se faz de grande importância para o entendimento dos fenômenos que ocorrem nas máquinas, fenômenos estes baseados, principalmente, nas leis da mecânica clássica propostas por Newton (FLORES; CLARO, 2005).

Com o advento da tecnologia é cada vez mais comum que o estudo de máquinas e mecanismos, se utilize de tecnologias de simulação de esforços e movimentos e representação gráfica. A criação de modelos didáticos tridimensionais vem sendo cada vez mais aplicada no ensino de engenharia, sendo que a construção de modelos em softwares permite a visualização tridimensional, além de proporcionar melhor interpretação geométrica na montagem e projeção de máquinas e peças (PERTENCE; SANTOS; JARDIM, 2001).

O Autodesk Inventor<sup>®</sup> é um *software* de desenho tridimensional que permite a criação e montagem de peças, além da análise e desenvolvimento de sistemas mecânicos completos (AUTODESK, 2017). A aliança entre *softwares* de criação e simulação com a impressão tridimensional permite que uma ampla gama de novos produtos possa ser criada e testada de maneira simples, rápida e eficaz e com baixo custo.

De acordo com Aguiar (2016), a impressão tridimensional (impressão 3D) é uma técnica que consiste na construção automatizada de objetos sólidos por camadas, a partir de um arquivo digital com imagem tridimensional do objeto. A

tecnologia de impressão 3D é empregada em todas as áreas da engenharia, no entanto seu emprego nas áreas de ensino ainda não é abrangente.

Existem ainda diferentes tipos de impressão 3D, sendo cada uma focada em uma aplicação específica. De acordo com Cliever (2017) os principais tipos de impressão 3D são:

- **Extrusão (FDM):** método mais comum de impressão, que opera a partir de um extrusor que libera camadas subsequentes de um material plástico aquecido, podendo utilizar-se de diversos tipos de materiais poliméricos como ABS, PLA e PETG. Apesar de ser um processo demorado e com certa limitação a detalhes, esse tipo de impressão é excelente para o desenvolvimento de protótipos e peças robustas, além de ser barato.
- **Estereolitografia (SLA):** é um método de impressão a laser de alta precisão para endurecer uma resina sensível a luz. As impressões realizadas por esta tecnologia normalmente necessitam de um tratamento para remover o excesso de resina da peça impressa, além da necessidade de se expor a peça ao sol por alguns minutos para que a mesma seque.
- **Sintetização seletiva a laser (SLS):** As impressoras deste tipo utilizam um laser capaz de criar formas em materiais variados como vidro, cerâmica, nylon e até mesmo alguns metais, como alumínio. No entanto esta tecnologia apresenta elevados custos e gastos energéticos, tornando o processo muitas vezes inviável financeiramente.
- **Síntese a Laser:** As impressoras que operam com esta tecnologia possuem uma cabeça de impressão a laser, que enrijecem um material de impressão em pó, num ambiente vedado em alta temperatura.

A impressão 3D abre possibilidades de exploração de novas áreas como a educação, levando em consideração o emprego desta tecnologia na criação de novos materiais didáticos, que pode auxiliar professores e alunos no entendimento aprofundado de certas áreas do conhecimento (AGUIAR, 2016).

No curso de Engenharia Têxtil ofertado pelo campus Apucarana da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), existem algumas disciplinas específicas que permitem a construção e impressão 3D de modelos sólidos que, quando montados em formas de mecanismos ou sistemas, podem simular o

funcionamento de máquinas têxteis empregadas na produção dos mais diversos tipos de artigos têxteis.

A disciplina de Fundamentos de Elementos de Máquina, ofertada no curso de Engenharia Têxtil da UTFPR campus Apucarana/PR, é uma das disciplinas que oferece grande potencial de exploração, criação e impressão 3D de peças e mecanismos. Sendo aliada a outras disciplinas específicas como, Fiação, Malharia, Tecelagem, Confeção, Tingimento, Beneficiamento, Estamparia, Tecidos Não-Tecidos e Lavanderia Industrial, a criação e impressão de modelos 3D, tende a proporcionar um entendimento acurado do funcionamento e da interação dos mecanismos com os substratos têxteis produzidos pelas máquinas.

Entretanto, é certo que cada disciplina específica possui certas particularidades, não somente aos equipamentos utilizados, mas também aos mecanismos que os constituem, sendo assim de grande dificuldade citar todos os elementos que cada máquina possui e associar as suas respectivas funções na obtenção de artigos têxteis.

Segundo Aguiar (2016), a impressão 3D facilita a ligação entre as ciências e suas aplicações, possibilitando que professores e estudantes criem objetos complexos que envolvam conhecimentos de matemática e ciências em seus projetos. Essa tecnologia possibilita ainda que instituições de ensino, equipadas com impressoras 3D, fabriquem objetos funcionais para utilização em práticas de ensino.

## **2 OBJETIVOS**

Devido a existência de poucos equipamentos em escala laboratorial ou mesmo com fins didáticos voltados para o ensino de engenharia têxtil, esse trabalho propõe realizar a construção de um equipamento didático, que possibilite a compreensão do funcionamento dos mecanismos de cames e seguidores utilizados em caixas de excêntricos de teares, responsáveis pela execução do movimento de abertura de cala em teares.

Este trabalho permitirá ainda a exploração aprofundada de *softwares* como o Autodesk Inventor<sup>®</sup>, na criação de modelos tridimensionais, além da modelagem e simulação de mecanismos, que permitirão uma pré-visualização dos movimentos realizados pelo sistema de cames e seguidores a ser projetado.

Neste trabalho tem se ainda como objetivo, a realização da impressão tridimensional, na qual os mecanismos, projetados no *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup>, poderão ser exportados para um software de fatiamento e preparação para impressão fornecidos pelo fabricante da impressora 3D a ser utilizada. Deste modo as peças que constituirão o equipamento podem ser impressas e o equipamento poderá ser montado e testado.

Vale ainda ressaltar que o intuito deste trabalho não se restringe somente a explorar ferramentas de criação, simulação e impressão de mecanismos, mas também em associar cuidadosamente a relação desses mecanismos com as máquinas têxteis. Assim, propõe-se especificamente analisar a relação dos mecanismos de cames e seguidores, que compõem as caixas de excêntricos de teares, empregadas no tecimento de padronagens fundamentais de tecidos planos.

No contexto apresentado, a proposta de trabalho apresenta grande importância para o ensino de engenharia têxtil. Assim, espera-se que no futuro outros acadêmicos e docentes dos cursos da área têxtil, possam construir de maneira mais simples, rápida e com baixo custo os gráficos de deslocamento de cames e seguidores.

Na literatura técnica consultada para este trabalho constatou-se ainda que não é explorada a aliança entre os elementos de máquinas e impressão tridimensional para simulações mais precisas, o que torna este trabalho precursor no desenvolvimento de equipamentos didáticos voltados para práticas de ensino de engenharia têxtil.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um equipamento didático, que possibilite a realização de práticas de ensino e o aprendizado do funcionamento de cames e seguidores em teares, e sua importância na construção de padronagens de tecidos planos.

Para atingir o objetivo geral proposto, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- realizar pesquisa bibliográfica sobre os mecanismos utilizados em teares e a forma como interagem na formação de padronagens de tecidos;
- modelar o mecanismo mais relevante no *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup>, simulando seu movimento;

- conceber um protótipo educacional visando elucidar tanto o funcionamento desse mecanismo quanto sua função na formação de cada tecido;
- imprimir o equipamento desenvolvido com o auxílio de uma impressora 3D;
- montar e testar o equipamento projetado;
- criar práticas de ensino para as disciplinas de elementos de máquinas e tecnologia de tecelagem e padronagem, utilizando o equipamento desenvolvido.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Schneider (1961) um tecido plano é uma superfície composta por no mínimo dois fios que se cruzam seguindo certa ordem estabelecida teoricamente, onde os fios que se estendem no sentido longitudinal são denominados urdume, e os fios que cruzam perpendicularmente o urdume são definidos como tramas.

Os tecidos planos requerem processos de preparação que habilitam os fios de urdume para o processo de tecimento, sendo estes: urdissagem, engomagem e remeteção. Desta forma, a urdissagem é um processo no qual um número determinado de fios é transferido de rocas ou cones para um único rolo, e, normalmente neste processo pode-se empregar dois tipos de tecnologias:

- Urdissagem direta, é caracterizada por reunir uma fração de fios em rolos parciais de urdume, que posteriormente serão juntados e comporão um rolo com o total de fios que constituirá o tecido no sentido da largura. Sendo principalmente empregada quando os fios de baixa resistência como algodão e lã necessitam ser preparados para o processo de engomagem (GANDHI, 2012).
- Urdissagem indireta, é um processo amplamente utilizado para artigos constituídos de fibras que não necessitam ser engomadas, para produtos de metragens mais curtas e maior valor agregado. Também são utilizados em tecidos que apresentam fios coloridos. Neste caso, o processo é desenvolvido em duas etapas: na primeira etapa seções com uma



quantidade menor de fios são enroladas em um tambor cônico e, para em seguida serem transferidas para um rolo final de urdume com a totalidade de fios que alimentarão o tear (GANDHI, 2012).

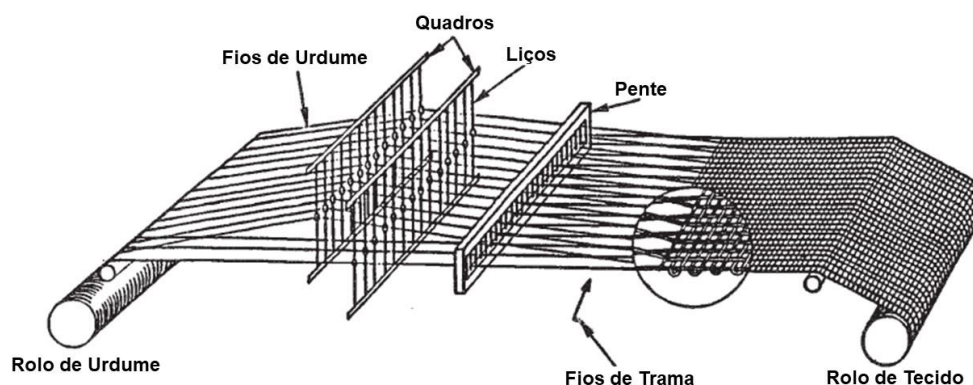
A engomagem ocorre com o auxílio de um equipamento, que submete os fios de urdume a uma solução adesiva denominada goma. O objetivo da goma é aderir aos fios, elevando sua resistência as tensões, fadigas e fricções submetidas durante o tecimento, pelos componentes mecânicos e partes dos teares, evitando assim rupturas e paradas (FRIEDMAN et al., 1989).

Os teares são os equipamentos responsáveis pela formação do tecido e comumente são classificados por seu sistema de inserção de trama. Os teares de lançadeira são aqueles em que os fios de trama são enrolados em um eixo da lançadeira, que é transportada de um lado para outro. Em meados do século 20, surgiram novas tecnologia de inserção livres de lançadeiras que são mais velozes, onde os fios são inseridos em um sentido unilateral sendo estas, pinça, jato de ar, jato de água e projétil, que aos poucos veem substituindo os teares de lançadeira (CASTELLI et al., 2000).

### 3.1 MOVIMENTOS COMUNS DOS TEARES

A Figura 1 mostra o esquema dos mecanismos comuns dos teares, onde os fios de trama são inseridos perpendicularmente entre as camadas de fios de urdume, e os fios do rolo de urdume seguem para a frente da máquina onde encontra-se o rolo de tecido acabado, passando pelos quadros de liço e pentes.

Figura 1: Mecanismos comuns dos teares



Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

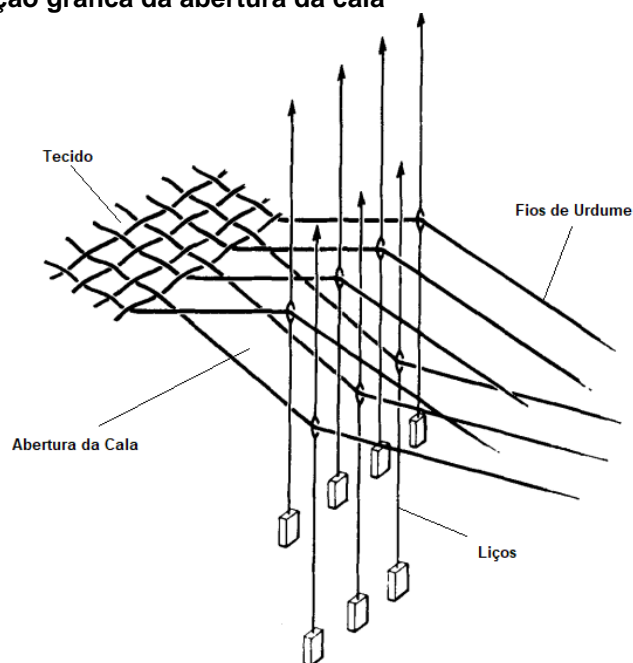
Embora existam muitos mecanismos com diversos movimentos nos teares, existem três movimentos que são essenciais para a formação do tecido, sendo eles: abertura de cala, inserção de trama e batida do pente. Segundo Adanur (2001), existe uma estreita relação entre os movimentos de abertura da cala e batidas do tear, que devem ser devidamente sincronizadas para que haja uma inserção de trama efetiva, gerando menores tensões nos fios de urdume.

### 3.1.1 Abertura da cala

Este movimento tem por objetivo separar os fios de urdume em duas camadas formando uma abertura entre elas. Dessa forma, todas as vezes em que os fios de urdume que passarem pelos olhais dos liços forem levantados à medida que outra camada de fios é abaixada, é formado um espaço entre as camadas de fio denominado abertura de cala, que pode ser observado pelo esquema da Figura 2.

Essa abertura pode ser formada por diferentes mecanismos, como: alavancas, cames, maquetinas e *jacquards*, sendo necessário no mínimo dois liços para que ocorra a abertura da cala. Em todos os casos o movimento de elevação ou rebaixamento dos liços é definido pela padronagem do tecido a ser formado, e isso geralmente requer um número maior de liços ou quadros (GANDHI, 2012).

**Figura 2: Representação gráfica da abertura da cala**

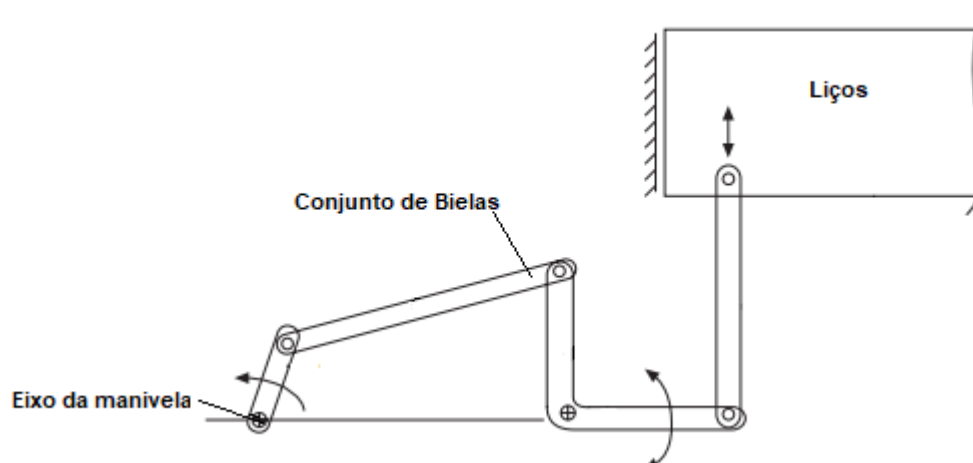


**Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001**

De acordo com Adanur (2001), todo tear necessita de um sistema de controle dos fios de urdume para que seja realizada a abertura de cala, dessa forma os quadros de liços serão acionados provendo a um grupo de fios um mesmo padrão de entrelaçamento.

O sistema de abertura de cala biela-manivelas é mais barato e menos complexo, sendo que nesse sistema o movimento de abertura de cala dos liços é provido por uma manivela do tear. O movimento de subida e descida dos liços é provido por uma biela acoplada no eixo da manivela, e em cada ciclo de revolução das manivelas os liços são acionados pelas bielmas mudando de posição (GANDHI, 2012). No entanto, tal sistema é utilizado apenas para a construção de tecidos mais simples, e não é empregado em teares de alta velocidade como jatos de ar e água (Adanur, 2001). O sistema de abertura de calas biela-manivela pode ser visualizado conforme o esquema da Figura 3.

Figura 3: Sistema de abertura de cala biela-manivela

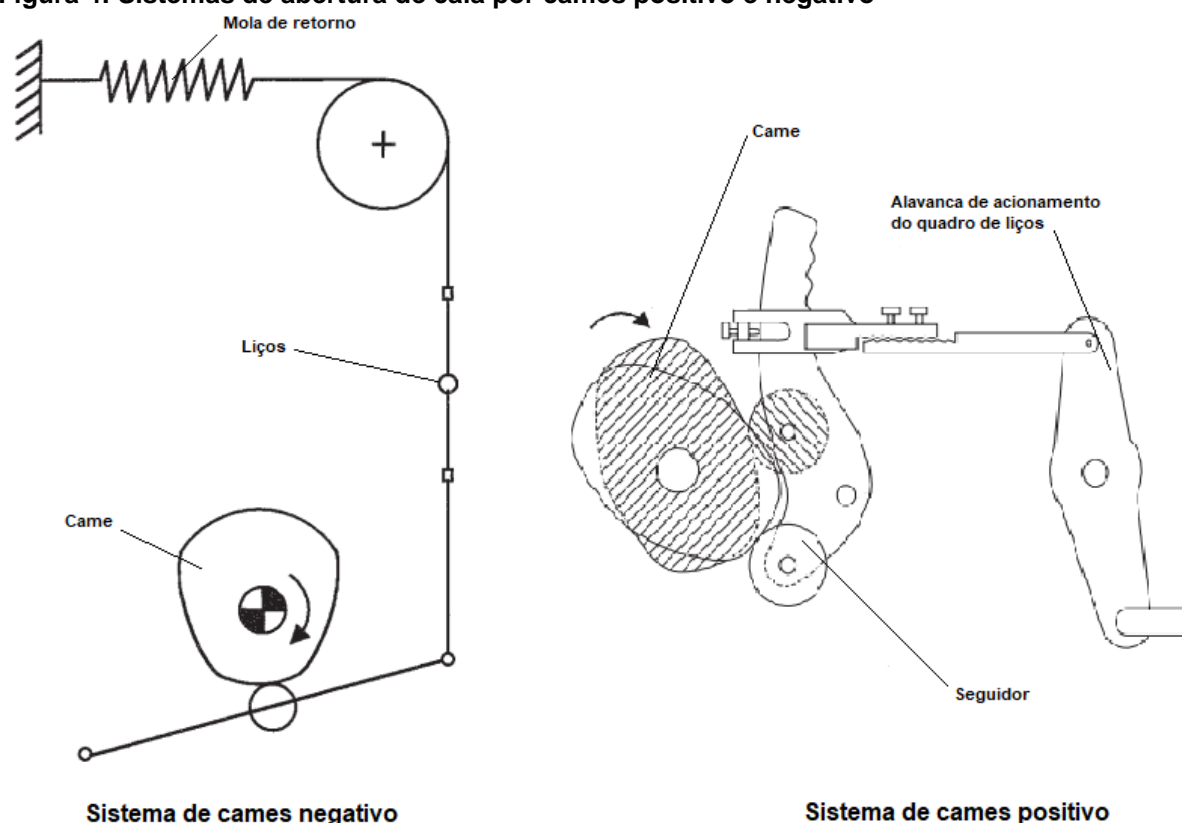


Fonte: Adaptado de GANDHI, 2012

A abertura de cala também pode ser feita por meio de cames, sendo dividida em sistemas negativos e positivos. Nos sistemas positivos os liços são levantados ou abaixados por um sistema cames e alavancas que são acopladas a um seguidor, e se encontram dentro do tear ou a um sistema conectado aos quadros de liço da máquina, chamado caixa de excêntricos (VLČEK, 1933). No sistema negativo os quadros de liço também são levantados ou abaixados por um sistema de cames, no entanto a diferença encontra-se no retorno do guia dos liços ao estado inicial, que é realizado por meio de uma mola (GANDHI, 2012).

A diferença entre a abertura de cala por cames positivos e negativos, pode ser observada pela representação dos mecanismos da Figura 4.

**Figura 4: Sistemas de abertura de cala por cames positivo e negativo**



Fonte: Adaptado de GANDHI, 2012 e ADANUR, 2001

A maquineta é um sistema de abertura de cala automático ou semiautomático, no qual o movimento de subida e descida dos liços é definido por um software ou por um leitor de cartelas perfuradas. Nesse sistema a mudança de movimentação dos liços pode ser realizada rapidamente apenas pela troca dos dados da cartela ou da programação do software, ampliando a gama de artigos que podem ser produzidos em comparação aos cames (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015).

As funções das maquinetas são basicamente realizar a transmissão de energia no momento certo, com finalidade de levantar ou abaixar os liços e quadros de liço no momento certo. Esses dispositivos podem ainda ser classificados como positivos ou negativos, além de mecânicos ou eletrônicos (ADANUR, 2001).

Enquanto as maquinetas positivas são utilizadas para produzir tecidos de maior peso, as maquinetas negativas são utilizadas para produzir tecidos leves e médios, que tendem a ser mais simples. Nas maquinetas negativas a cala costuma ser aberta por alavancas e cames e os liços são retornados por uma mola, fato que não ocorre nas maquinetas positivas na qual a cala é aberta ou fechada por um

mecanismo rotativo interno da maquineta que pode ser mecânico ou eletrônico (GANDHI, 2012). Na Figura 5, pode-se observar uma maquineta eletrônica.

**Figura 5: Maquinetas eletrônica**



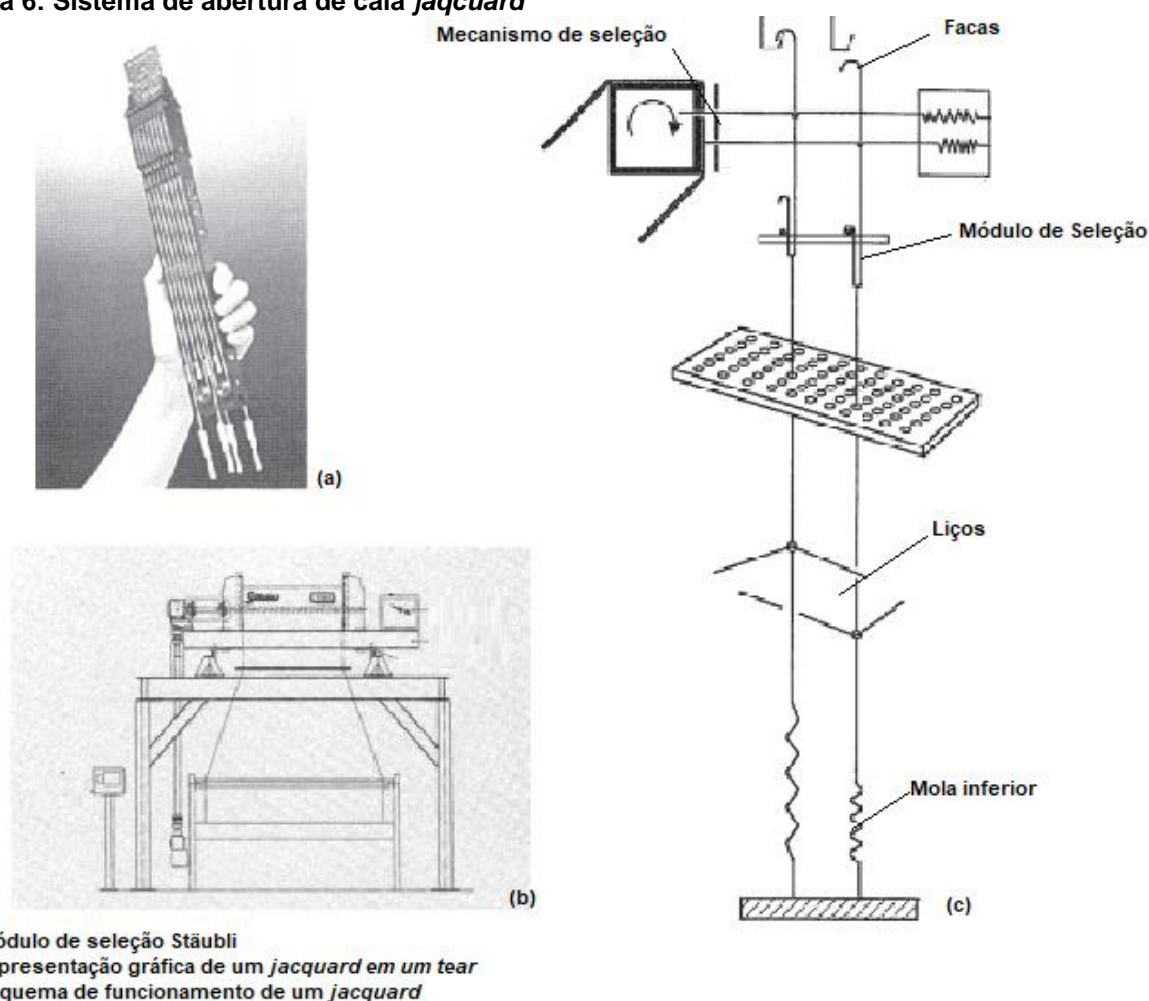
Fonte: Adaptado de STÄUBLI, 2017

No sistema *jacquard* cada fio de urdume é controlado por um liço e com isso é possível realizar a construção de diversos tecidos. Nessa tecnologia um mecanismo seletor controla uma caixa de facas de seleção, que quando acionadas elevam os liços. O retorno dos liços a posição inicial, é provocado por uma mola de retorno ligada na outra extremidade do liço (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015).

A seleção das facas é controlada por agulhas ou eletroímãs, e os dados dos tecidos a serem confeccionados são armazenados em cartelas perfuradas ou em arquivos eletrônicos que são transferidos para sistema de controle de abertura de cala, (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015).

Na Figura 6, observa-se o esquema de uma máquina *jacquard* e o módulo que fornece a ligação coletiva entre o mecanismo de elevação do *jacquard* e o liço contendo o fio de urdume. Em cada módulo existem oito unidades de elevação guiadas, e um rolo guia responsável por transferir os movimentos de abertura de cala ao módulo (ADANUR, 2001).

Figura 6: Sistema de abertura de cala *jacquard*



Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

### 3.1.2 Inserção de trama

A inserção de trama ocorre após a abertura da cala, onde um fio de trama é inserido através da abertura formada entre as camadas dos fios de urdume, sendo ainda possível inserir diferentes tipos de fios com cores, espessuras, e fibras constituintes diferentes (ADANUR, 2001).

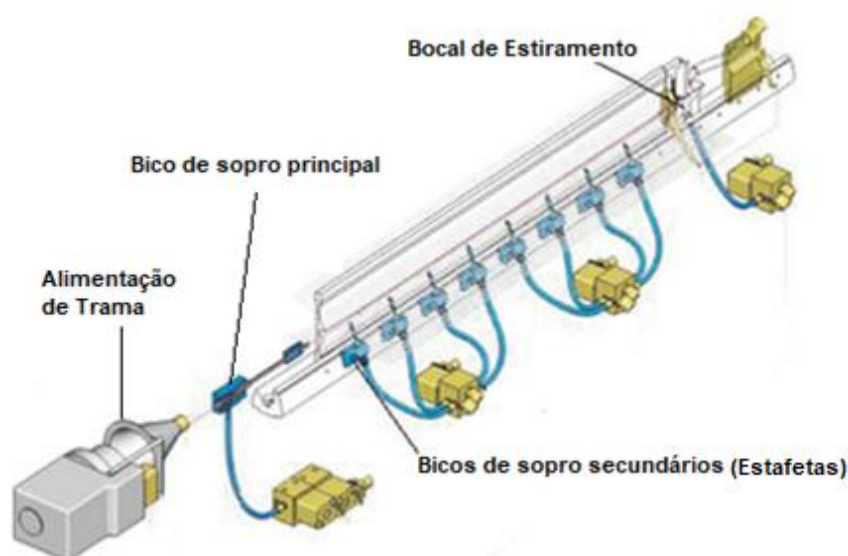
Segundo Mohamed e Lord (1982) as lançadeiras são relativamente grandes e devem ser aceleradas rapidamente e desacelerado abruptamente, sendo difícil não causar choque e ruído. Ainda segundo o autor, o sistema de inserção é ineficiente do ponto de vista mecânico, e quantidades consideráveis de energia são desperdiçadas.

Atualmente grande parte das indústrias vem utilizando tecnologias mais modernas, como a inserção de trama por jato de ar, na qual os fios de trama são

inseridos pneumaticamente entre a abertura das camadas urdidadas, por um fluxo de ar. O ar é fornecido por um bico principal e por estafetas ou bicos secundários distribuídos ao longo da guia conforme a Figura 7. A pressão do ar e duração do sopro, podem ainda ser ajustas de acordo com a necessidade, sendo que cada bico é controlado em um instante de tempo diferente. Desta forma cada relé sobrepõe ligeiramente o fornecimento de ar para garantir a travessia completa da trama (GÖKTEPE; BOZKAN, 2008).

De acordo com Göktepe e Bozkan (2008), os teares equipados com a tecnologia de inserção de trama por jato de ar operam em velocidades mais elevadas em comparação as demais tecnologias, com exceção dos teares jato de água.

**Figura 7: Visão esquemática do sistema de inserção por jato de ar**



**Fonte: Adaptado de GÖKTEPE; BOZKAN, 2008**

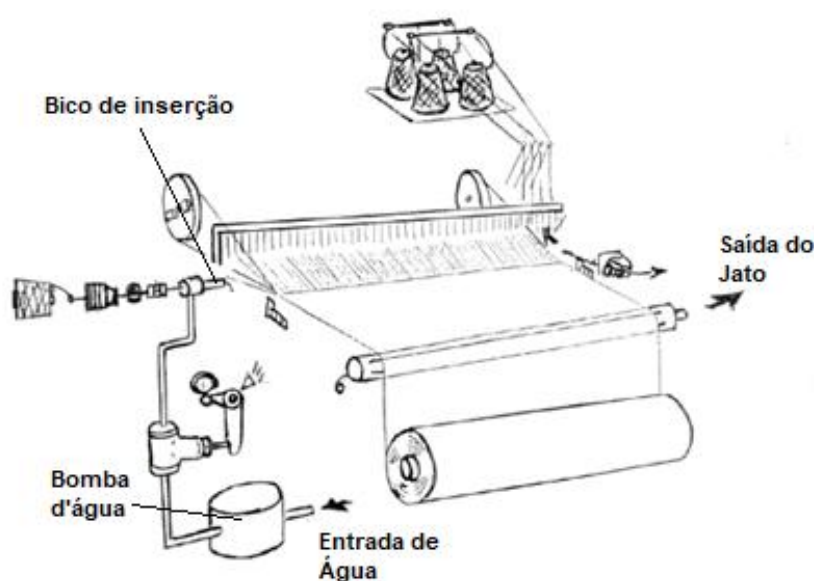
Segundo Mohamed e Lord (1982), a inserção de trama jato de água é mais orientada em comparação ao jato de ar, uma vez que o jato de água tende a não se romper tão facilmente tornando a zona de propulsão mais alongada e o processo mais eficaz em termos de necessidade energéticas, havendo ainda a possibilidade de se produzir tecidos com até 2 metros de largura com velocidades de até 1000 inserções/ min.

A extensão do jato e largura do tear dependem da pressão da água e do diâmetro do jato, e como a água é um fluido incompressível uma bomba simples pode ser usada para fornecer pressão conforme observado na Figura 8.



Os teares jato de água ainda são restritos a filamento sintéticos, tendo em vista que as gotículas de água do jato tendem a espalharem-se sobre os fios urdidos, assim podendo prejudicar a solução de goma que recobre os fios de algodão. A goma que recobre os fios de algodão geralmente é solúvel em meio aquoso, e a presença de água acarretará na dissolução da goma, reduzindo-se a resistência à tração dos fios engomados, provocando um elevado número de rompimentos (MOHAMEND; LORD, 1982).

**Figura 8: Representação de um tear jato de água**



Fonte: Adaptado de MOHAMEND; LORD, 1982

A inserção de trama por pinças, esquematizada conforme a Figura 9, ocorre por meio de duas pinças de meio comprimento inseridas em lados opostos, onde aproximadamente no meio da cala o fio de trama preso na ponta de uma das pinças é transferido suavemente para a ponta da outra pinça, por meio de um mecanismo positivo ou negativo (DAWSON et al., 1996).

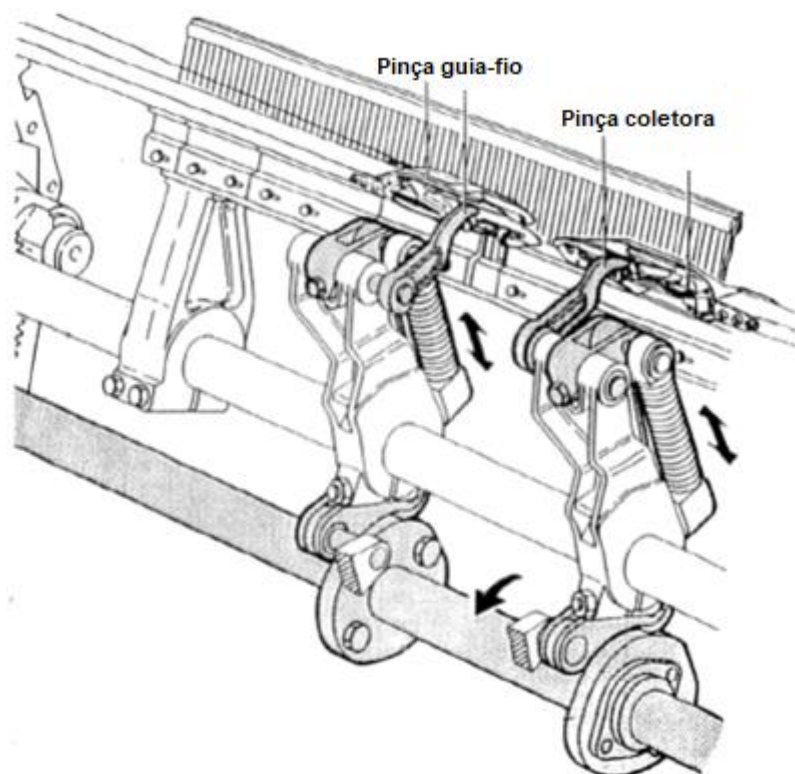
Na inserção negativa a trama é mantida presa em um grampo localizado na extremidade da pinça, que é pressionado por uma mola subjacente ao corpo da pinça. No meio da cala, quando as pinças se cruzam, a extremidade de uma das pinças adentra a uma ranhura côncava da outra, na qual o movimento de retrocesso faz com que o fio de trama seja enganchado e transportado a outra extremidade do tecido (CASTELLI, 2000).

Quando as pinças se cruzam no meio da cala durante a inserção positiva, duas alavancas pequenas se elevam de baixo para cima atravessando os fios da

cala e pressionando os grampos das pinças, sendo o fio de trama preso e arrastado ao longo do tecido durante o retrocesso de uma das pinças (CASTELLI, 2000).

De acordo com Castelli (2000), esta tecnologia é a mais flexível entre todas sendo possível produzir uma grande variedade de artigos, com velocidades em torno de 600-700 inserções por minuto.

**Figura 9: Visão esquemática do sistema de inserção por pinças**

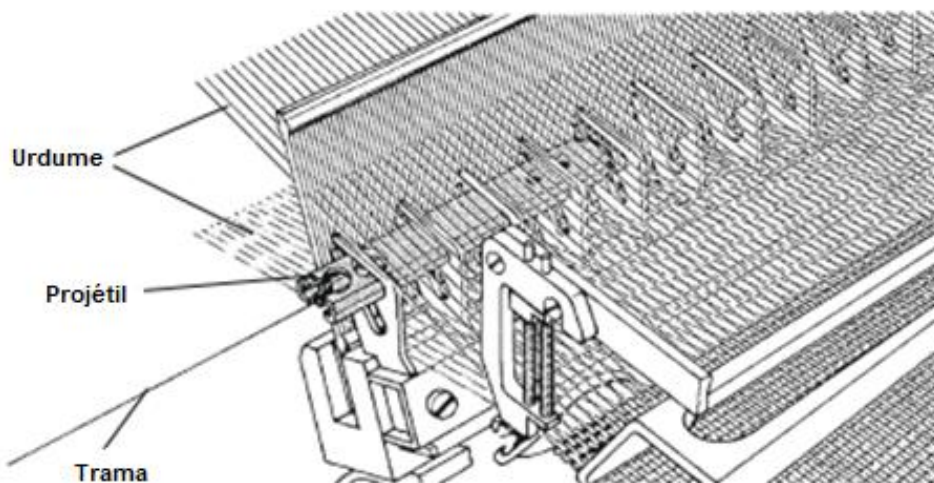


**Fonte: Adaptado de CASTELLI, 2000**

O projétil é outro dispositivo amplamente utilizado na inserção de tramas, possuindo um excelente nível de produtividade com cerca de 1050 inserções por minuto e alta confiabilidade operacional, sendo uma tecnologia amplamente empregada em máquinas com altas larguras (CASTELLI, 2000).

A inserção de trama por projétil ocorre quando o fio de trama preso no projétil é disparado através da abertura da cala, sendo o fio ligado diretamente a bobina de trama e cortado após a inserção. Após essa operação o projétil é transportado de volta para a extremidade fora da cala podendo haver ainda múltiplos projéteis (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015). O esquema da inserção de tramas por projéteis pode ser observado conforme a Figura 10.

**Figura 10: Visão esquemática do sistema de inserção por projétil**



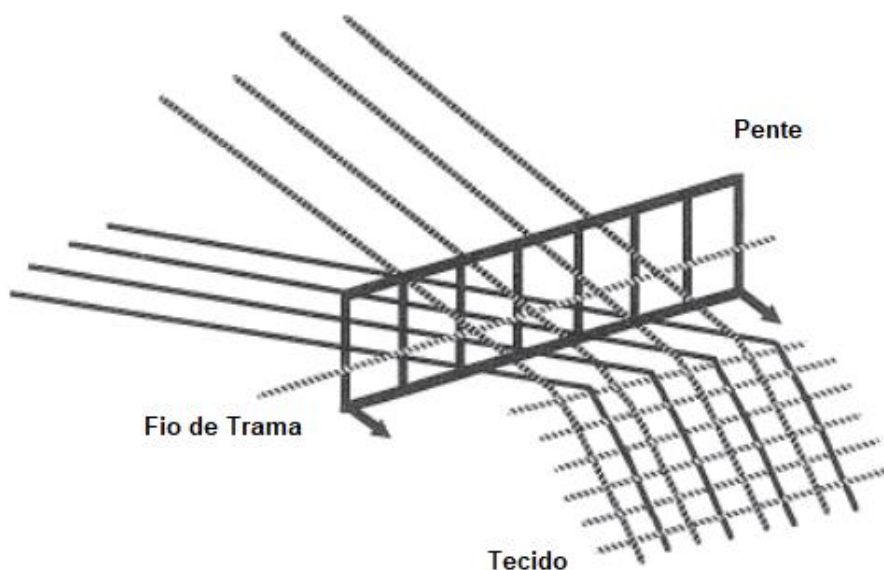
**Fonte: Adaptado de GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015**

O advento de novas tecnologias de inserção de trama possibilitou o aumento da produção de tecidos. Esse fato se deve principalmente ao desenvolvimento de tecnologia que requerem menos esforços mecânicos por possuírem menores massas e tamanhos, tornando assim o movimento de inserção mais eficiente durante a abertura de cala.

### *3.1.3 Batida do pente*

A batida do pente é um dos movimentos mais importantes do tear durante o tecimento influenciando diretamente na qualidade do tecido, sendo esse o processo responsável por empurrar os últimos fios de trama inseridos até o tecido por um pente. Durante o ciclo de batidas novos fios de trama são inseridos e deslocados pelo pente sobre os fios arrematados anteriormente, como pode ser observado na Figura 11. Assim os fios são deslocados formando o tecido (ZHANG; MOHAMED, 1989).

**Figura 11: Representação gráfica da batida do pente**

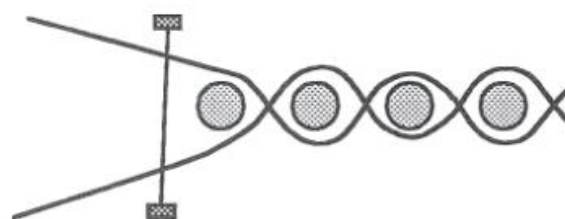


**Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001**

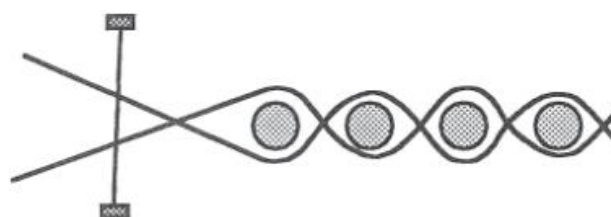
Devido a estreita relação de sincronia entre a abertura da cala e da batida do pente, é comum que a batida do pente seja realizada no momento em que a cala encontra-se aberta, sendo que esse movimento também pode ocorrer no momento que o urdume encontra-se totalmente cruzado, onde a cala encontra-se fechada de acordo com o esquema apresentado na Figura 12 (ADANUR, 2001).

As batidas nunca ocorrem no momento em que as camadas de urdume não se encontrarem paralelas umas sobre as outras, devido ao fato dos mecanismos de acionamento do pente e de abertura da cala serem sincronizado mecanicamente (CHOOGIN; BANDARA; CHEPELYUK, 2013).

**Figura 12: Tipos de batida do pente**



Batida do pente em uma cala aberta



Batida do pente em uma cala fechada

Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

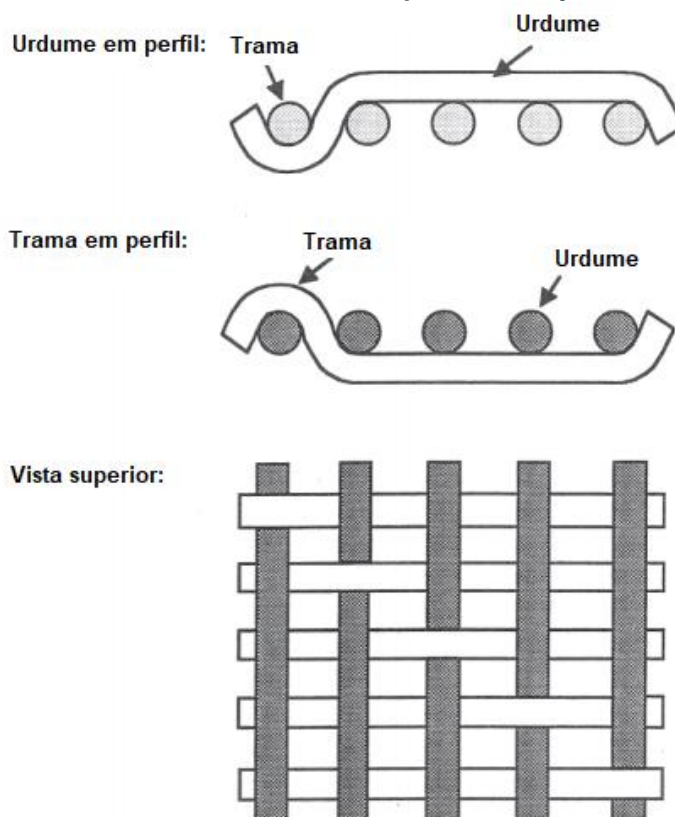
Segundo Adanur (2001), algumas características importantes para o processo de batida do pente são obtidas através da construção do pente, que deve ser constituído por tiras metálicas dispostas paralelamente e uniformemente espaçadas conforme os fios de urdume, sendo um dispositivo muito importante no controle da densidade dos tecidos.

O pente pode ainda ser construído de maneira regular ou perfilada, sendo que os pentes perfilados são utilizados somente nos teares jato de ar. A escolha do pente é definida por diversos fatores como a força da batida, o espaço disponível, a padronagem, aparência e peso do tecido (ADANUR, 2001).

### 3.2 PADRONAGEM DOS TECIDOS PLANOS

Um tecido plano é construído a partir do cruzamento dos fios de trama e urdume, sendo sua textura e desenho denominados como padronagem. A padronagem do tecido é repetida ao longo de seu sentido transversal durante o tecimento, sendo ainda a menor unidade de entrelaçamento que se repete ao longo do tecido denominada como *rapport* (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015). A Figura 13 apresenta algumas representações gráficas de um tecido plano visto da perspectiva dos fios de trama e de urdume, e vista superior.

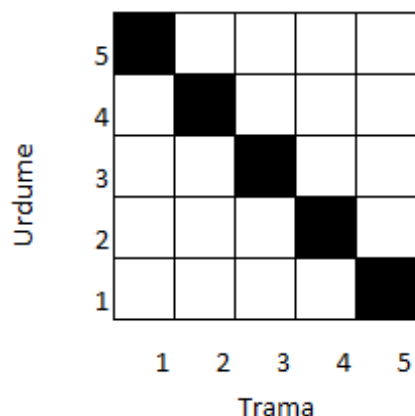
**Figura 13: Visão esquemática dos fios de um tecido plano de sarja**



Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

Com o objetivo de se representar graficamente a padronagem de tecidos planos é utilizado um diagrama gráfico de quadrados que pode ser observado na Figura 14. Cada quadrado representa um ponto de entrelaçamento dentre os fios de trama e urdume. Nesse diagrama é comum representar os fios de urdume na direção vertical e os fios de trama na horizontal, e um quadrado preenchido indica que o fio de urdume encontra-se acima do fio de trama no ponto de cruzamento, sendo esse ponto denominado como fio tomado ou ponto tomado (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015).

Figura 14: Exemplo de diagrama de padronagem de uma sarja 4x1



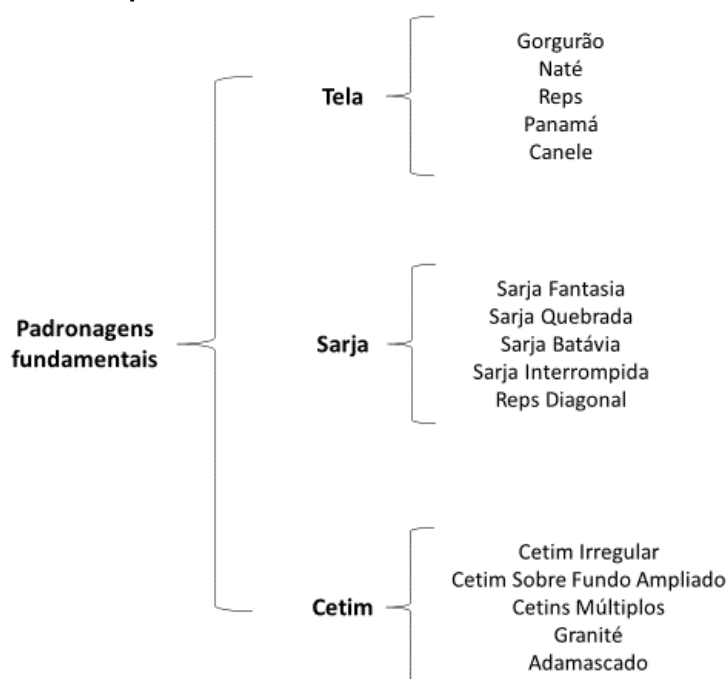
Fonte: Autor, 2017

De acordo com Adanur (2001), existem três padronagens básicas para representar os tecidos planos, sendo a tela, sarja e cetim. Cada um destes tecidos possuem texturas diferentes, e mesmo que possuam um número de fios de urdume e trama semelhantes por unidade de comprimento, eles possuirão propriedades mecânicas distintas, principalmente relacionadas a sua resistência a tração.

Embora existam outros tecidos com diferentes padronagens, a maioria das ligações dos tecidos deriva dessas três padronagens básicas e um número quase infinito de combinações pode ser criado a partir delas (RIBEIRO, 1984).

O esquema apresentado na Figura 15 ilustra algumas das padronagens que podem ser obtidas a partir das três fundamentais. A classificação e nomenclatura das padronagens derivadas são definidas pelas normas brasileiras NBR 12546 e NBR 12996 (ABNT, 2017).

**Figura 15: Tecidos planos fundamentais e seus derivados**



Fonte: Autor, 2017

A única restrição para obtenção das estruturas se dá no número de mecanismos que o tear utiliza para acionar as camadas de fio de urdume. Em teares *jacquard* é possível criar desenhos mais complexos com repetições maiores, tendo em vista que cada fio pode ser acionado por um gancho individual (GANDHI, 2012).

### 3.2.1 Tela

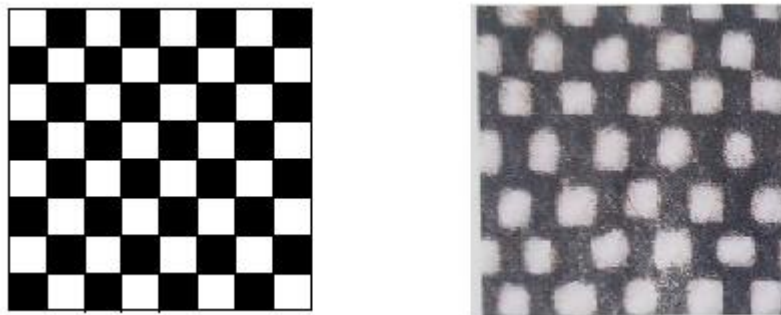
As telas são as padronagens mais simples de se produzir, por possuírem apenas um ponto de entrelaçamento (um fio tomado) entre a trama e o urdume, sendo um fio acima e o outro abaixo, ou pares de fio ora acima e ora abaixo (GANDHI, 2012).

As telas possuem uma fórmula de repetição simples, onde os fios de urdume encontram-se sobre os fios de trama sempre aos pares e ambos os lados do tecido possuíram a mesma textura e aspecto visual (ADANUR, 2001).

Na Figura 16, pode se observar a representação gráfica comum das telas e algumas variações comuns dessa padronagem.



**Figura 16: Tecidos de tela e suas variações**



Fonte: Adaptado de GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015 e KADOLPH, 2010

De acordo com Gries, Veit e Wulfhorst (2015), as telas necessitam no mínimo dois quadros de liços para serem produzidas. Segundo Adanur (2001), as telas podem ainda ser produzida por mais de dois quadros, especialmente se a densidade do urdume for maior que 50 fios por polegada.

### 3.2.2 Sarja

As sarjas são as padronagens caracterizadas por possuírem linhas diagonais, com orientação distinta pela ascensão dos pontos tomados da esquerda para a direita, sendo assim denominada sarja em “S” ou com orientação dos pontos tomados decrescendo da direita para a esquerda, sendo denominada sarja em “Z” (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015). É importante destacar que a linha diagonal da sarja não é uma linha física, mas sim uma impressão causada pela progressão gradual do fio de urdume sobreposto a trama (ADANUR, 2001).

Na Figura 17, pode se observar a representação gráfica de sarjas com orientação Z e com orientação em S.

Figura 17: Tecidos de sarja e suas variações

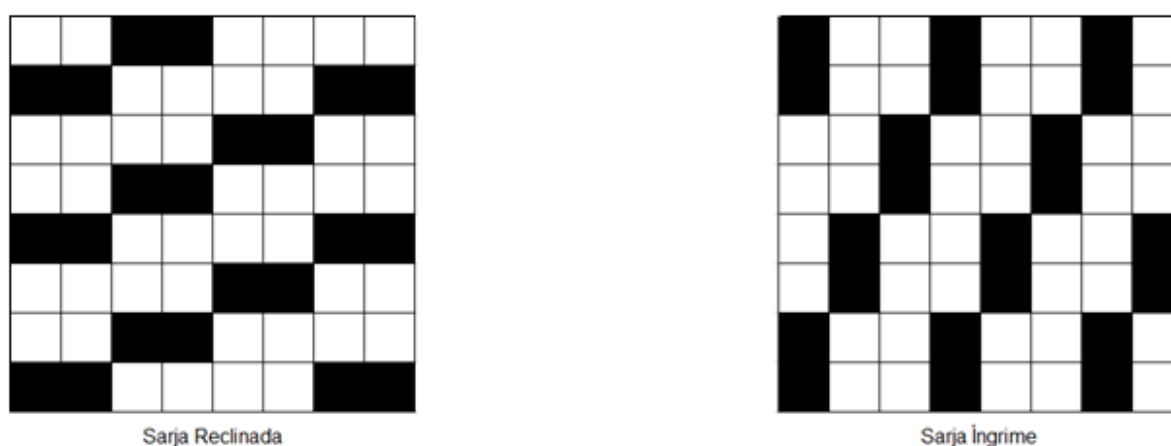


Fonte: Autor, 2017 e adaptado de KADOLPH, 2010

Os ângulos diagonais podem variar de acordo com a quantidade de deslocamentos dos pontos tomados. As que possuem deslocamentos singulares de apenas um fio tem um ângulo de  $45^\circ$ . As sarjas que tem pontos tomados no deslocamento com ângulos maiores que  $45^\circ$  são denominadas sarjas íngremes e possuem ângulos de até  $75^\circ$ . Em contrapartida os tecidos que possuem pontos tomados no deslocamento com ângulos menores que  $45^\circ$  são denominadas sarjas reclináveis e possuem ângulos de no mínimo  $15^\circ$  (MOHAMEND; LORD, 1982).

A Figura 18, representa graficamente as diferenças entre as sarjas íngremes e reclinadas, com mesma orientação e quantidade de fios tomados.

Figura 18: Tipos de sarja quanto a ângulo de orientação



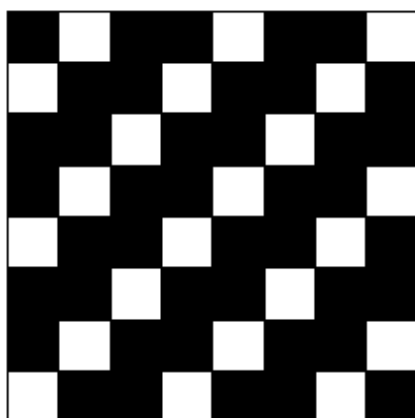
Fonte: Autor, 2017

As sarjas ainda podem ser classificadas em balanceadas ou desbalanceadas. Desta forma as sarjas balanceadas possuem o número de pontos em evolução do *rapport* igual ao número de fios de urdume não acionados. Em

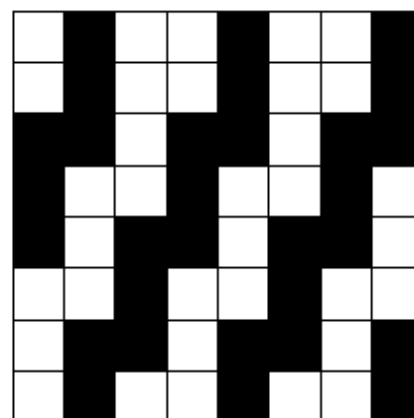
contrapartida, nas sarjas desbalanceadas, o número de pontos de fios acionados não é igual ao dos fios de urdume (ADANUR, 2001).

Na Figura 19, pode se observar a representação gráfica de sarjas quanto ao balanceamento dos fios.

**Figura 19: Tecidos de sarja quanto ao balanceamento**



Sarja Desbalanceada



Sarja Balanceada

Fonte: Autor, 2017

### 3.2.3 Cetim

Os tecidos de cetim possuem uma aparência mais fechada, lisa e densa quando comparados às outras padronagens básicas. Essa padronagem caracteriza-se principalmente por possuir pontos de entrelaçamento bem espaçados que não se tocam, e a distância entre um ponto e outro é denominada deslocamento (GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015).

No cetim é comum observar a presença de um fio flutuante, que se encontra acima de vários fios ao longo da largura do tecido, provendo assim um aspecto visual suave e brilhante. Essa padronagem pode ser classificada como de face de urdume ou de face de trama, dependendo do domínio dos fios flutuantes no tecido (ADANUR, 2001).

Na Figura 20, pode se observar duas representações gráficas de tecidos de cetim com orientações distintas.

**Figura 20: Tipos de cetim quanto ao deslocamento do ponto de ligação**



Fonte: Adaptado de GRIES; VEIT; WULFHORST, 2015 e KADOLPH, 2010

Para construir um cetim é necessário a utilização de um sistema de contagem, para que seja possível determinar o ponto de entrelaçamento, onde cada fio de urdume possui um mesmo padrão de entrelaçamento, no entanto com pontos de partida distintos (ADANUR, 2001). Os autores Gries, Veit e Wulfhorst (2015) propõem que, a distância entre os pontos deve ser sempre constante, e o par de números  $i$  e  $j$  que determinam essa mudança potencial, não devem possuir um divisor comum e devem obedecer a condição, conforme a equação 1:

$$n = i + j \quad i \neq j; j > 1 \text{ e } i, j \in \mathbb{N} \quad \text{Eq. (1)}$$

A distância  $i$  é definida por ser a distância de um ponto de entrelaçamento da trama para outro.

**Tabela 1: Pares de contagem dos cetins mais comuns**

Número de quadros	Pares de contagem
5	2 e 3
7	2 e 5; 3 e 4
8	3 e 5
9	2 e 7; 4 e 5

Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

Assim, existe para cada arranjo de repetição um par de números correspondentes, formando portanto, um cetim regular onde nenhum ponto de ligação se encontra. A Tabela 1 descreve o número mínimo de quadros necessário para formar um cetim dado pela soma dos pares de contagem selecionados, dessa forma para construir o menor cetim possível é necessário, no mínimo, um tear com

cinco quadros, sendo o número de quadros sempre obtido pela soma dos pares de contagem (MOHAMEND; LORD, 1982).

### 3.3 ABERTURA DE CALA POR CAMES

Os cames podem operar em eixos com movimento positivo ou negativo, onde no sistema positivo os quadros de liço são levantados e abaixados diretamente pelos cames. No sistema negativo o movimento ascendente é provocado pelos cames, em contrapartida o retrocesso dos quadros de liço é realizado por ação de uma mola de retrocesso (CASTELLI, 2000).

Os cames em geral são mais simples de se projetar, envolvendo ainda baixos custos de manutenção, além de serem muito confiáveis para produção de tecidos sem falhas.

Desta forma a principal vantagem observada no uso de cames está no fato de que poucos cames, são capazes de acionar as camadas de urdume provocando abertura de cala. As desvantagens dos cames são notadas principalmente pela impossibilidade de se tecer padronagens mais complexas e pela necessidade de se alterar a programação da caixa de excêntricos todas as vezes em que se deseja alterar a padronagem a ser produzida, sendo um procedimento demorado e complexo (ADANUR, 2001).

#### 3.3.1 *Cames e seguidores*

##### 3.3.1.1 Cames

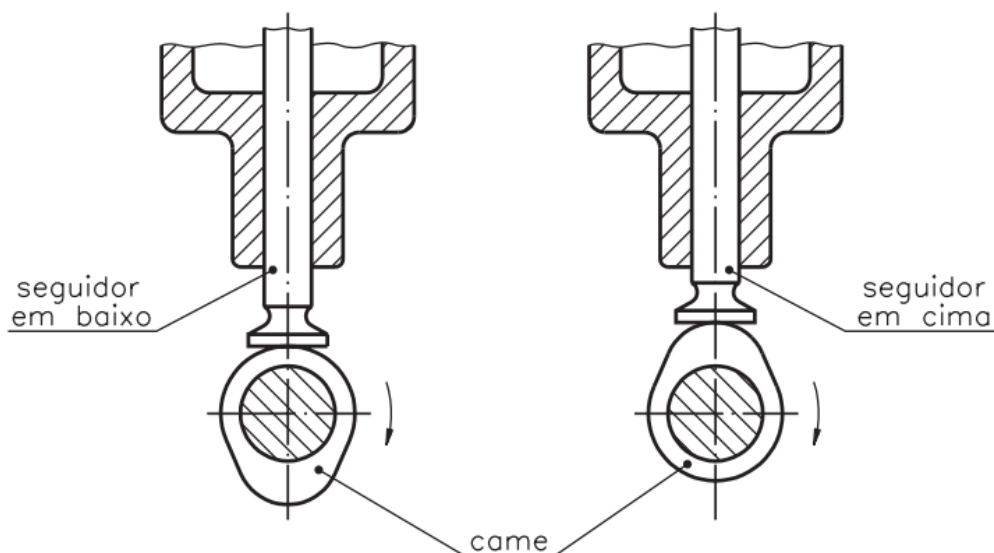
Os cames são mecanismos muito empregados em teares, sendo essenciais para tecimento de padronagens fundamentais, que possuem estruturas de repetição em até quatorze conjuntos de fios de urdume e oito conjuntos de fios de trama (NORTON, 2009).

De acordo com Rothbart (2004) os cames são classificados de três maneiras:

1. Em termos de sua forma, sendo as principais formas radial, cilíndrica, cônica, esférica ou tridimensional;
2. Em termos do movimento do seguidor;
3. Em termos das restrições do seguidor, que são realizadas por meio de forças positivas ou cargas de molas.

Um came radial é um disco de perfil excêntrico que converte o movimento rotacional próprio em um movimento oscilante de um seguidor. A transferência desse movimento é realizada pelo contato entre a superfície do seguidor e a borda do came, como mostrado na Figura 21. Desta forma a medida que o came é rotacionado o seguidor realiza um movimento alternado (ADANUR, 2001).

**Figura 21: Esquema de funcionamento de um came radial**



**Fonte: Adaptado de GORDO; FERREIRA, 2003**

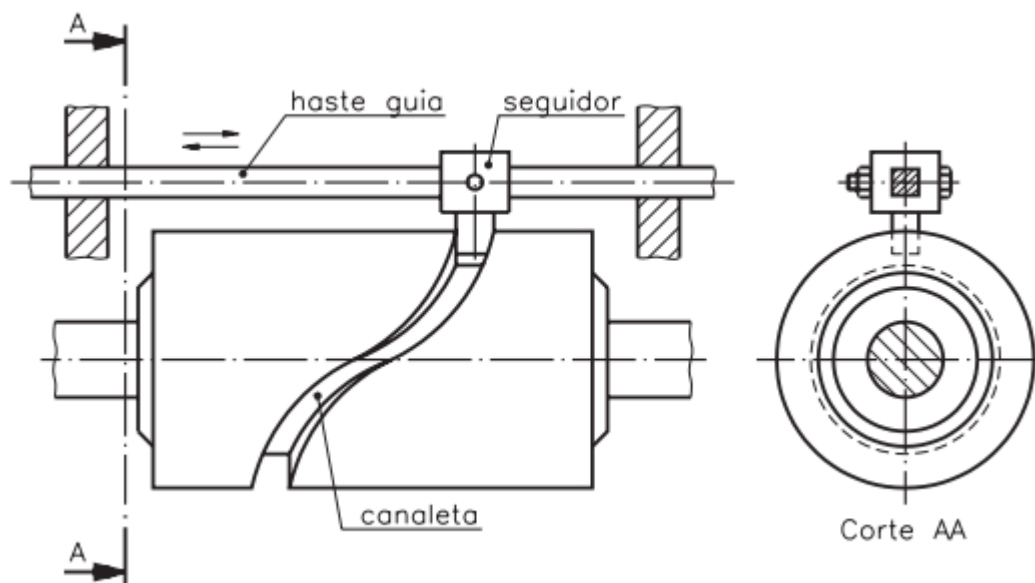
Segundo Rothbart (2004) os comes radiais podem ainda operar de duas maneiras:

1. Por movimento uniforme, na qual os comes de perfil regular movem o seguidor com a mesma taxa de velocidade do início ao fim do ciclo.
2. Por aceleração repentina, geralmente os comes curvos de movimento cicloidal, que operam com acelerações repentinas ao longo do ciclo. Esse fato se deve principalmente ao formato assimétrico do came cicloidal.

Existem ainda os cames de tambor que geralmente possuem formato cilíndrico ou cônico, possuindo ranhuras ou canaletas sobre sua superfície. Durante a rotação do cilindro o seguidor fixado por uma haste colocado perpendicularmente ao centro da estrutura do came desloca-se sobre as ranhuras (GORDO; FERREIRA, 2003).

Na Figura 22, pode-se observar o esquema de um came cilíndrico e da haste guia do seguidor.

**Figura 22: Came cilíndrico**



Fonte: Adaptado de GORDO; FERREIRA, 2003

Os autores Oberg, Jones e Horton (2008) propõem que para máquinas que trabalham em elevadas velocidades, é importante que tais mecanismo sejam construídos a fim de se evitar choques repentinos ao iniciar um movimento ou quando movimentos reversos são realizados em direção ao seguidor.

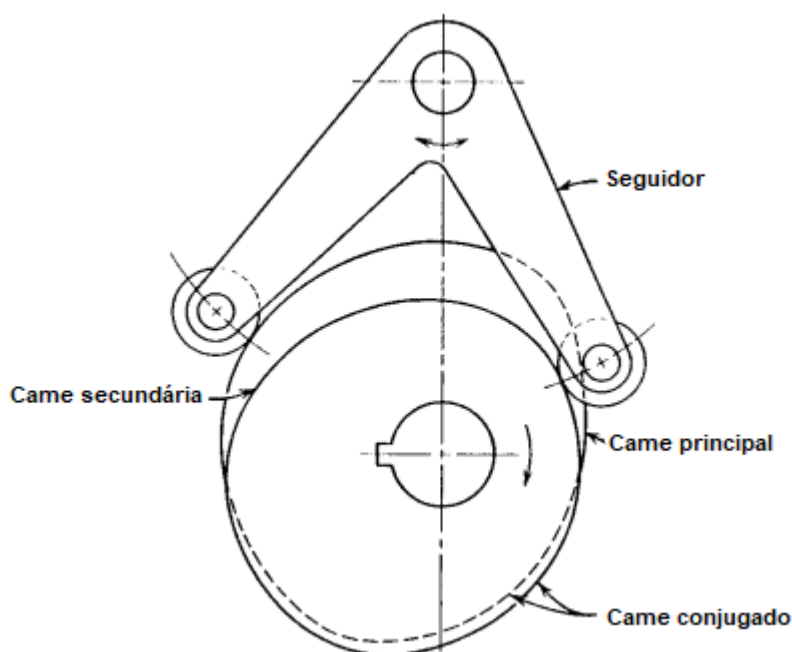
Existem ainda os cames conjugados ou de disco duplo, que pode ser observado na Figura 23. Esse sistema de cames consiste em discos radiais duplos, no qual cada um dos discos entra em contato com um rolo do seguidor movimentando simultaneamente dois seguidores acoplado (NORTON, 2009).

Segundo Rothbart (2004) utilizam-se dois seguidores de rolo nos cames conjugados, pois desta forma obtém-se um ótimo desempenho eliminando as reações impostas pelo sistema. A principal vantagem dos cames conjugados em

relação aos demais sistemas, é de que esse sistema não requer o uso de nenhum par de molas devido seu princípio de funcionamento positivo (NORTON, 2009).

Ainda de acordo com Norton (2009), os seguidores de rolete são utilizados neste tipo de came para melhorar o desempenho, sendo que o uso de dois seguidores permite que um rolete pré-carregado contra o outro para eliminar a ação contrária. Este é o design de seguidor utilizado em cames conjugados, pois permite a operação em altas velocidades e cargas dinâmicas, além de possuir um menor ruído, desgaste e vibração.

**Figura 23: Came conjugado**



**Fonte: Adaptado de ROTHBART, 2004**

Ainda de acordo com Norton (2009) obviamente nos cames conjugados e seus seguidores devem ser dispostos em planos diferentes, sendo que o contorno da came principal deve ser definido pelo projetista conforme o seguidor a ser utilizado. No entanto, o came secundário deve ser construído com base no inverso do diagrama de deslocamento do came principal, isso se deve ao fato do sentido de rotação dos cames, no qual a medida que o movimento do came principal decresce o came secundário crescerá na mesma proporção.



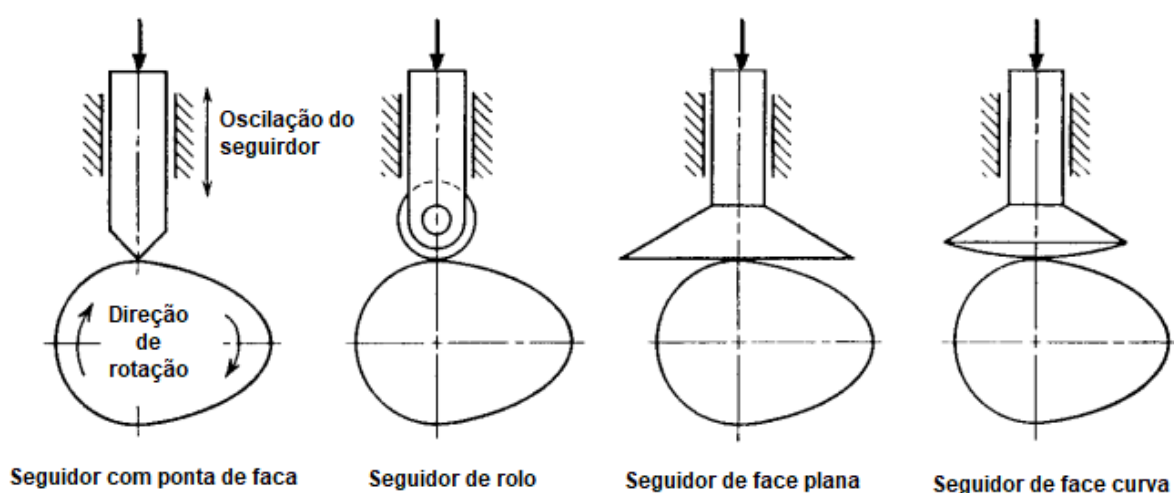
### 3.3.1.2 Seguidores

Os seguidores de cames são responsáveis por realizar a tradução do movimento dos cames em movimentos de translação, oscilação e indexação, dependendo do tipo de came a ser utilizado.

A superfície dos seguidores de cames radiais, podem possuir perfil de faca, face plana, rolo e face curvada, como pode ser observado na Figura 24.

O apoio do seguidor no came geralmente é orientado pela superfície do came e o contato dos mecanismos pode ser forçado por uma mola sobre o corpo do seguidor ou por ação da gravidade. Os seguidores de rolo são os mais comuns, possuindo um baixo coeficiente de atrito em relação aos outros sendo amplamente empregados em máquinas (ROTHBART, 2004).

**Figura 24: Tipos de seguidor em relação a superfície de contato**



Fonte: Adaptado de ROTHBART, 2004

De acordo com Rothbart (2004) os seguidores podem ser posicionados de maneira radial na qual o eixo do seguidor é colocado alinhado ao centro de rotação do came ou ainda deslocado. Desta forma, o seguidor é deslocado propositalmente do centro de rotação do came, visando reduzir a força, o estresse e o tamanho do came. A excentricidade deve ainda favorecer a posição dos componentes da força que tendem a forçar o seguidor na superfície do came que serve como guia.

Uma das principais características do sistema de cames e seguidores é a ação do tempo de espera que é provocada pela ação do seguidor. Esse tempo de espera é definido pela ausência do movimento do seguidor enquanto o came mantém o

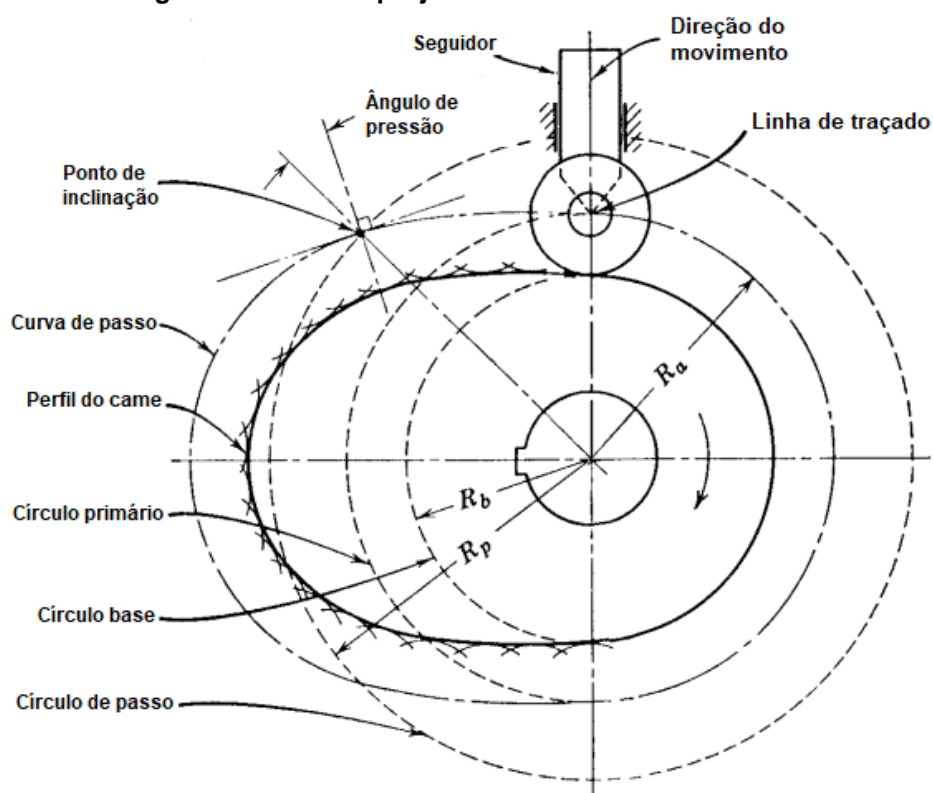
seu acionamento. Em máquinas esse tempo de espera ocorre quando o seguidor não se move enquanto uma função secundária é executada, no caso dos teares essa função é a inserção de trama (ROTHBART, 2004).

### 3.3.2 Projeto de cames

#### 3.3.2.1 Termos de construção de cames

Para construir o perfil de um came se faz necessário conhecer alguns termos utilizados, para assim denominar as linhas de referências e os segmentos importantes desse mecanismo. A Figura 25 associa graficamente a terminologia com os alguns elementos do mecanismo e linhas de construção.

**Figura 25: Terminologia das linhas de projeto de um came radial**



Fonte: Adaptado de ROTHBART, 2004

De acordo com Nagarajan (2015) os termos a seguir são importantes para desenhar o perfil de um came:

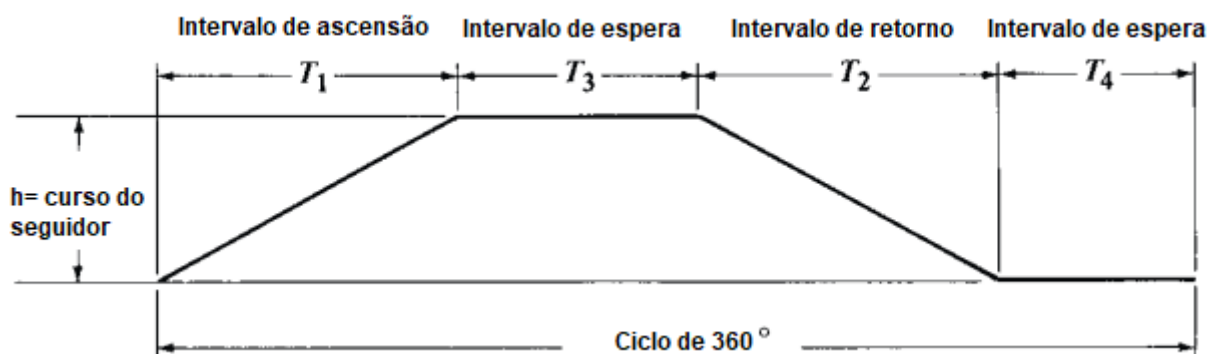
- Círculo base: é o menor círculo que pode ser desenhado para o perfil do came.
- Linha de traçado: é o ponto de referência para o seguidor, sendo usada para gerar uma curva de passo. No seguidor de rolo, o seu centro segue a linha de traçado.
- Ângulo de pressão: é o ângulo entre a direção de movimento do seguidor e uma curva normal a curva de passo, sendo indispensável na construção do came. Se o ângulo de pressão for muito grande o seguidor oscilante irá emperrar em seus mancais.
- Ponto de inclinação: é o ponto na curva de passo com ângulo de pressão máximo.
- Círculo de passo: é o círculo desenhado a partir do centro do came por meio do ponto de inclinação.
- Curva de passo: é a curva gerada pela linha de traço do movimento do seguidor em relação ao came. No seguidor de rolo a curva de passo é separada pelo raio do rolo.
- Círculo primário: é o menor círculo que pode ser desenhado a partir do centro do came e tangente à curva de passo. Para o seguidor de rolo, o círculo primário é maior do que o círculo base gerada pelo raio do rolo.

### 3.3.2.2 Diagrama de deslocamento

O desenho do perfil de cames é iniciado pela criação do diagrama de deslocamento, no qual se define toda a rotação de um came durante um ciclo.

No diagrama de deslocamentos apresentado na Figura 26, o eixo horizontal descreve o deslocamento do seguidor em função ao tempo, graus ou radianos. O eixo vertical representa a máxima evolução do seguidor, expressa em unidades de distância como centímetro ou polegadas (OBERG et al., 2008).

Figura 26: Diagrama de deslocamento de seguidores



Fonte: Adaptado de OBERG et al., 2008

Segundo Norton (2009) a primeira tarefa a ser realizada no projeto de um came, é definir a função matemática que descreve o movimento do seguidor. Logo, pode-se linearizar o deslocamento do seguidor em um eixo cartesiano e considerá-lo como uma função plotada. O autor ainda propõe que, por meio da primeira derivação da função de deslocamento em função do ângulo, pode-se encontrar a velocidade, e por consequência a aceleração por meio segunda derivação.

Desta forma o projeto de um came começa pela definição das funções necessárias, e seus diagramas de deslocamento, aceleração e velocidade. As funções devem ainda ser escolhidas com base nas propriedades de tempo e velocidade de deslocamento que se deseja para o funcionamento do mecanismo (NORTON, 2009).

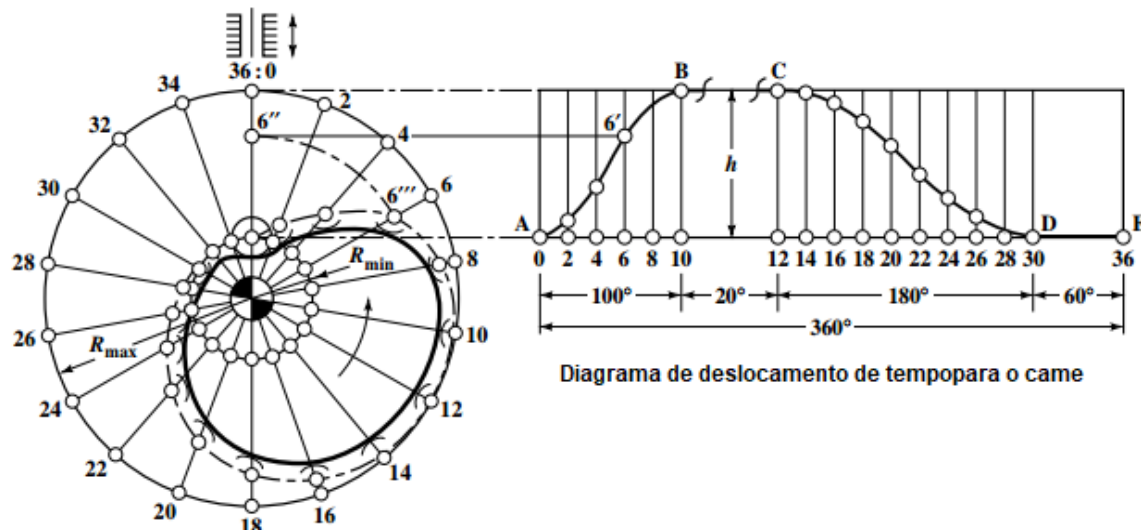
A construção de um perfil de came exige ainda o desenho de muitas posições do excêntrico, sendo a posição do seguidor deslocada e relacionada em cada caso. Para facilitar a construção, usualmente, presume-se que o seguidor gira em torno de pontos fixos. Dessa forma, muitos desenhos das posições do seguidor serão produzidos (OBERG et al., 2008).

Segundo Oberg et al. (2008), a direção da rotação do came é importante para preservar a sequência correta de eventos, sendo a rotação utilizada pelo seguidor na construção sempre adotada no sentido inverso ao movimento do came.

Desta forma pode-se produzir um diagrama de deslocamento radial de um came com seguidor, sendo que o diagrama é lido da esquerda para a direita conforme a representação da Figura 27. Inicialmente, de 0 a 100 graus de rotação do came, o seguidor se ergue, permanecendo na posição superior por 20 graus de rotação. Posteriormente, nos próximos 180 graus o seguidor se abaixa, chegando e

permanecendo na sua posição mais baixa para os 60 graus finais, em que o ciclo de 360 graus do came é então completo e se inicia novamente (OBERG et al., 2008).

Figura 27: Diagrama de deslocamento do came com seguidor de rolo



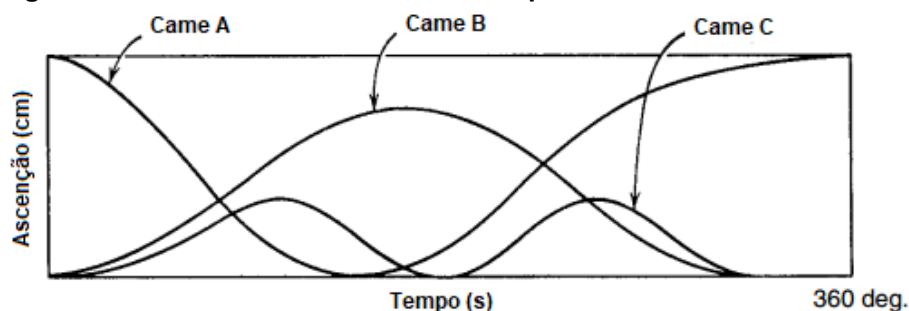
Construção do contorno do came com seguidor de rolo

Fonte: Adaptado de OBERG et al., 2008

As abscissas são divididas em ângulos ou em tempo iguais, considerando que a maioria dos cames normalmente gira a uma velocidade constante, assim a ascensão do seguidor é mostrada na ordenada. A construção de tais diagramas para cada tipo de came, possibilita a visualização rápida do movimento do seguidor, no qual transfere-se o contorno de um came de formato regular em uma representação polar (ROTHBART, 2004).

A sobreposição dos diagramas de deslocamento realizada num mesmo tempo permite a comparação da operação de cames, sendo essa comparação essencial para estabelecer a ação dos seguidores e minimizar o tempo de inatividade desse elemento. A Figura 28 apresenta a comparação dos gráficos de deslocamento em função de um mesmo tempo, utilizado na projeção de três cames com perfis distintos (ROTHBART, 2004).

Figura 28: Diagrama de deslocamento de cames com perfis distintos



Fonte: Adaptado de ROTHBART, 2004

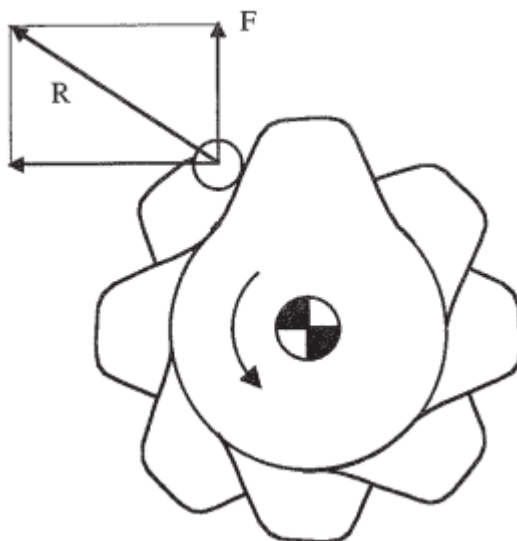
De acordo com autores Gokarneshan, Varadarajan e Kumar (2013), o movimento dos fios de urdume durante a abertura de cala, também podem ser representados pelo diagrama de deslocamento.

### 3.3.3 Características dos cames das caixas de excêntricos de teares

As caixas de excêntrico, caixa de cames ou maquinas de excêntrico são equipamentos adaptados para tecer diferentes tipos de tecidos com estrutura derivadas das padronagens básica. Esses equipamentos podem ser instalados em teares que operam com diferentes tipos de inserção de trama, sendo muito versáteis (STÄUBLI, 2017).

O tamanho do *rapport* formado pelos cames na abertura de cala é limitado pelo número máximo possível de fios de trama que atravessam pelas camadas de urdume, assim o número de cames necessários para formar um *rapport* é igual ao número de fios de trama. Os cames serão desta forma montados em um mesmo eixo de transmissão, como pode ser observado no esquema da Figura 29 (ADANUR, 2001).

**Figura 29: Arranjo dos cames no eixo de transmissão da caixa de excêntricos**



**Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001**

A inserção de trama geralmente ocorre em um oitavo de revolução dos cames, ou em  $45^\circ$ , assim caso o número de cames aumente, haverá menos espaço para cada came, resultando em uma redução de intervalos de espera do mecanismo (ADANUR, 2001).

Na Figura 29, pode ainda se observar que a medida que a inclinação do contorno do came aumenta, há um aumento da força que atua sobre o sistema. Desta forma para que seja produzida uma força  $F$  para que se levante o quadro de liços, o came deve produzir uma força  $R$  sobre o seguidor e à medida que a inclinação do contorno do came aumenta, a força  $R$  também é aumentada. Para evitar forças excessivas no sistema, deve-se minimizar a inclinação máxima do contorno do came, sendo assim requerido um número menor de fios por unidade de repetição. (ADANUR, 2001).

Segundo Adanur (2001), os cames são projetados para uma operação suave, sendo projetado para prover ao seguidor um movimento harmônico simples. O seguidor por sua vez move-se oscilando em uma linha imaginária vertical que passa pelo eixo do came.

Como já discutido anteriormente, existem dois sistemas de abertura de calas por came, sendo um sistema de cames negativo e outro positivo.

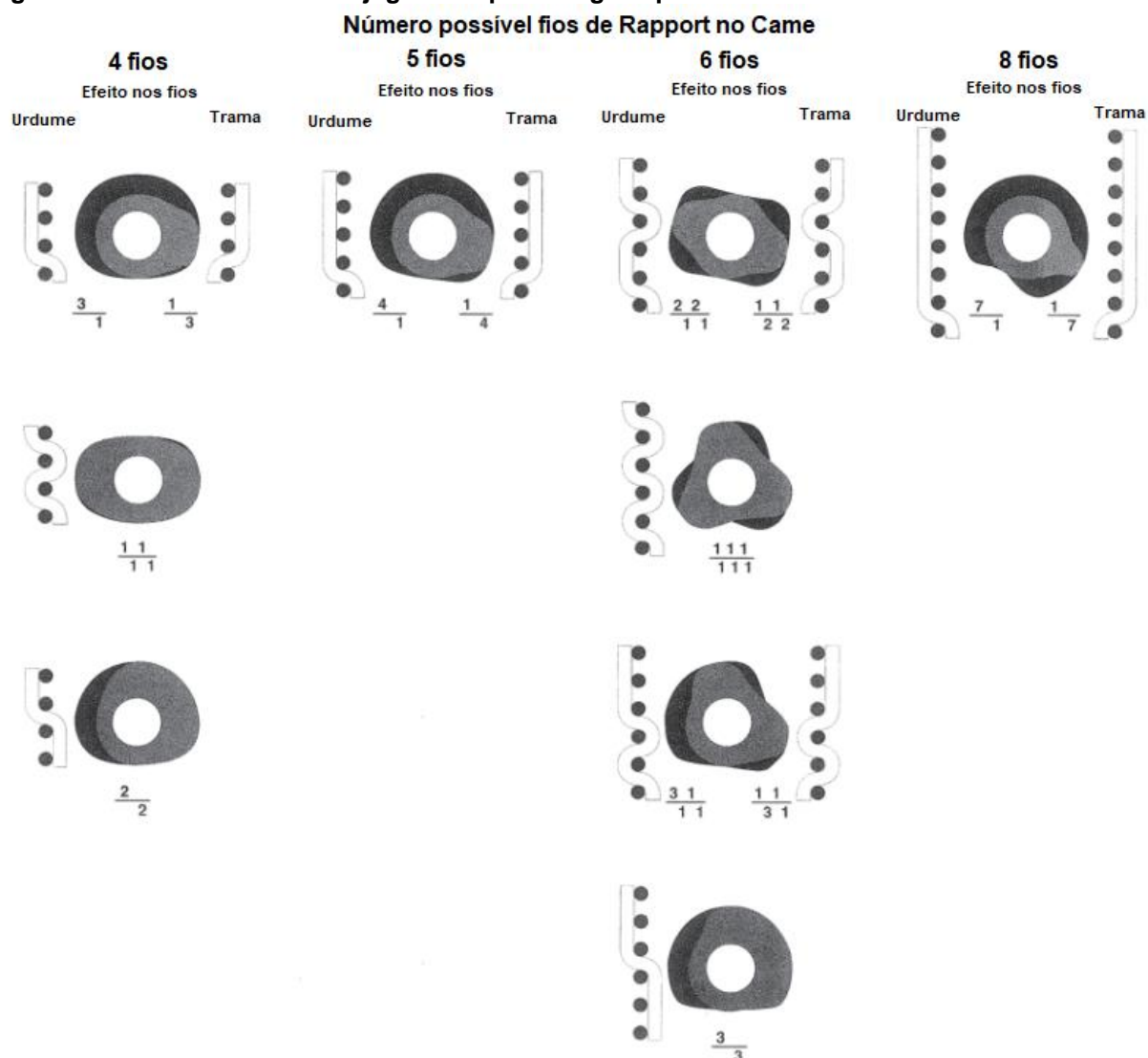
### 3.3.3.1 Características da abertura de cala por cames

As caixas de excêntricos ou de caixas de cames podem conter no máximo oito cames no eixo de transmissão do mecanismo. A alavanca dos liços é comandada por cames complementares que induzem um funcionamento positivo. Desta forma permite-se o movimento de subida e descida dos liços de acordo com a padronagem desejada. Os cames são dispostos com *rapport* de 4, 5, 6 ou 8 rotações, o que permite a construção de tecidos com 2, 3, 4, 5 ou 6 inserções de trama (STÄUBLI, 2008).

Segundo Stäubli (2008) os cames podem possuir perfil simétrico, que permitem um efeito de cadeia ou um efeito de trama, de acordo com a montagem, ou ainda um perfil assimétrico, no qual somente um efeito de cadeia ou de trama por came pode-se obter. Na Figura 30, apresentam-se os principais perfis de cames conjugados utilizados nas caixas de excêntricos e as padronagens possíveis de se obter com cada perfil.



Figura 30: Perfis de cames conjugados e padronagens possíveis



Fonte: Adaptado de ADANUR, 2001

A indexação dos cames na caixa de excêntricos deve sempre começar pela elaboração do tecido a ser produzido, portanto deve-se elaborar um desenho da padronagem, tal qual será o tecido, para então definir a indexação dos cames e tecerem-se as padronagens desejadas (STÄUBLI, 2008).

#### 4 METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho divide-se em cinco partes principais, sendo as mesmas citadas conforme os tópicos a seguir desta seção.

#### 4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta fase do trabalho, foram abordadas as literaturas técnicas pertinentes na área de tecelagem, mecanismos e projeto de máquina. A partir desse levantamento foi possível entender melhor o funcionamento e interação dos mecanismos de cames e seguidores dos teares no processo de abertura de cala e construção das padronagens fundamentais.

Na revisão bibliográfica também se observou as possíveis restrições adotadas na construção dos mecanismos de cames e seguidores, e ainda a maneira como se dá a interação destes mecanismos com os conceitos teóricos.

#### 4.2 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO EM SOFTWARE

No desenvolvimento do equipamento, será estudada a forma como os mecanismos poderão ser projetados com o auxílio do *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup>, a fim de compor um equipamento didático ao mesmo tempo que se obtém informações importantes para o entendimento da construção de padronagens e do funcionamento de teares.

A elaboração de rascunhos manuais e o aprendizado da forma como os mecanismos podem ser projetados e simulados no *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup>, também será realizada nesta etapa da metodologia de trabalho. Assim se poderá compreender melhor as restrições impostas pelo *software* de representação gráfica computacional, bem como as futuras restrições de impressão 3D do projeto.

#### 4.3 IMPRESSÃO 3D DO EQUIPAMENTO

Nesta etapa, com o auxílio do *software* de fatiamento Cliever Studio<sup>®</sup>, os arquivos previamente projetados e simulados no *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup> serão tratados e preparados para impressão.

Ainda na preparação para impressão as partes do equipamento serão definidas as escalas de impressão, bem como a definição da orientação de impressão, posicionamento, redimensionamento e rotação de objetos. A simulação prévia da impressão permite ainda, uma visualização dos tempos médios na

obtenção das partes e um planejamento do consumo de matéria-prima para impressão (CLIEVER, 2017).

Após a preparação e definição de parâmetros para impressão as peças que irão compor o equipamento serão impressas com o auxílio da impressora 3D de extrusão (FDM) do modelo Cliever CL2 Pro Plus, que permite imprimir peças a partir do polímero PLA de 1.75mm de diâmetro, com dimensões de até 300 mm de largura por 230 mm de profundidade e 450 mm de altura (CLIEVER, 2017).

Na Figura 31, pode-se observar uma imagem da impressora 3D a ser utilizada.

**Figura 31: Impressora 3D Cliever CL2 Pro Plus**



**Figura 32: Impressora 3D Cliever CL2 Pro Plus**  
**Fonte: Adaptado de CLIEVER, 2017**

#### 4.4 MONTAGEM E TESTE DO EQUIPAMENTO

Após a impressão das peças que constituirão o equipamento didáticos, as mesmas serão montadas conforme o projeto previamente ilustrado e simulado. Nesta etapa também será documentada a montagem do equipamento passo a passo, em forma de relatório para que futuramente outros acadêmicos e docentes possam imprimir, montar e utilizar corretamente o equipamento projetado.

As peças impressas do mecanismo deverão ainda ser testadas, com o objetivo de se observar a precisão de encaixe e resistência das partes a partir do polímero utilizado.

#### 4.5 AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Nesta fase propõe-se a realização de testes com o equipamento desenvolvido, com acadêmicos das disciplinas de Elementos de Máquina e Tecnologia da Tecelagem e Padronagem do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR.

A princípio propõe-se que, os acadêmicos utilizem o equipamento para construir gráficos de deslocamento dos cames, e comparem os dados fornecidos pelos gráficos obtidos com o que é proposto pela literatura pertinente, tanto no que diz respeito a construção do mecanismo de cames, quanto com relação na construção de tecidos em teares.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos por meio das pesquisas realizadas sobre os sistemas de abertura de cala utilizados em teares, que serviram de suporte para o desenvolvimento de um equipamento didático que simula o movimento de cames empregados em sistemas de abertura de cala ao passo que imprime os gráficos em uma folha de papel.

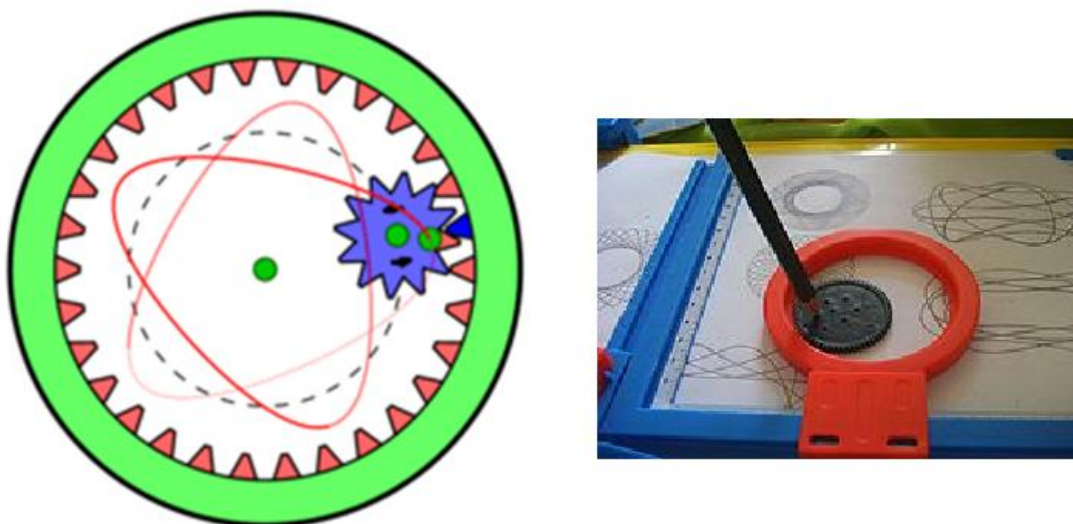
#### 5.1 DESENVOLVIMENTO NO AUTODESK INVENTOR

O equipamento foi desenvolvido com o auxílio do *software* Autodesk Inventor<sup>®</sup>, no qual as peças foram desenhadas e montadas para efeitos de simulação. Tal software foi empregado para desenhar, medir, calcular e gerar elementos de fixação e transmissão de forças das peças que compõe o equipamento desenvolvido para simular o movimento de cames em teares.

O equipamento projetado foi concebido com inspiração em um Espirógrafo (Figura 33). Trata-se de um equipamento formado por uma engrenagem interna, na qual se encaixam engrenagens externas perfuradas que são acionadas por um lápis

ou caneta sob um plano (folha). Ao se rotacionar a engrenagem em torno de um ponto central se forma os desenhos de curvas matemáticas com equações conhecidas (Hall, 1992).

**Figura 33: Espirógrafo**



Fonte: Adaptado de WIKIPEDIA, 2018

As peças para o equipamento foram desenhadas tendo como base inicial medidas padrões de uma prancheta para folhas de papel A5, desta forma todas as partes que constituem o sistema foram calculadas e desenhadas a partir desta medida base.

Por se tratar de um equipamento mais complexo, necessitou-se ainda projetar outros elementos para prover apoio, fixação e transmissão de forças dos elementos. Desta forma, as peças foram projetadas buscando alinhar o projeto a três princípios fundamentais:

1. Simplicidade: assim como o espirógrafo, procurou-se desenvolver um equipamento simples de ser montado, e utilizado por qualquer pessoa;
2. Funcionalidade: buscou-se criar um modelo de equipamento que possibilite a criação de gráficos de cames em função do deslocamento angular de uma maneira simples e rápida, requerindo somente o uso de recursos simples como uma caneta e papel, além do sistema desenvolvido;

3. Custos: dada a dificuldade de se adquirirem sistemas industriais e laboratoriais para fins acadêmicos devido aos altos custos inerentes, visou-se desenvolver um sistema de fácil reprodutibilidade com utilização de impressão 3D, que se mostra como uma tecnologia funcional e com custos aquisição muito menor para qualquer universidade, docente ou acadêmico.

A seguir serão demonstradas e descritas às peças projetadas, com o objetivo de se elucidar a função de cada peça para o funcionamento do sistema.

### 5.1.1 Peças desenvolvidas para o sistema

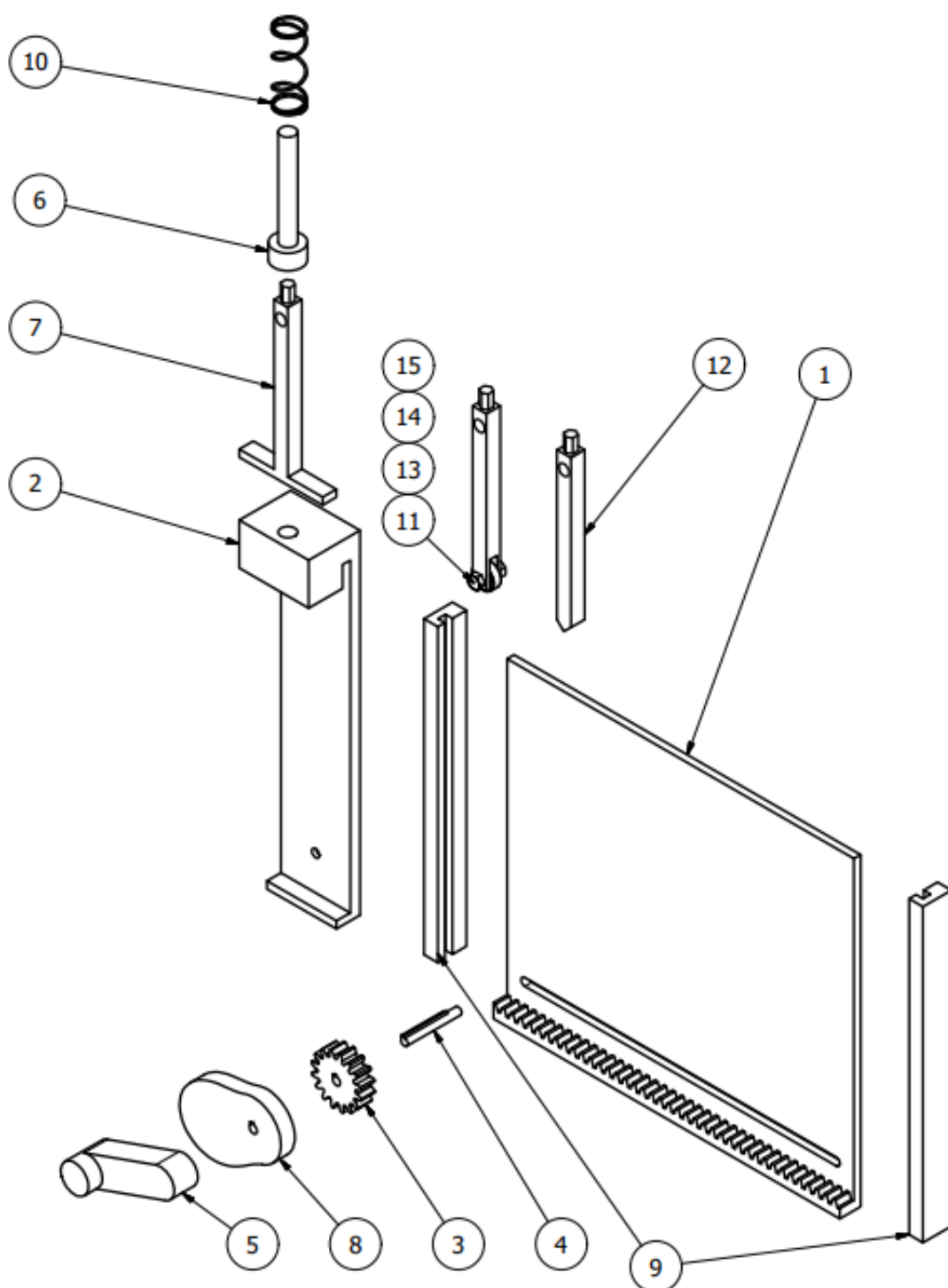
As peças desenvolvidas no *software* Autodesk Inventor para compor o sistema, podem ser observadas conforme a Figura 34, cuja a lista de peças contendo as referências é apresentada no Quadro 1.

**Quadro 1: Lista de peças**

Item	Qtde.	Peça	Descrição
1	1	Prancheta com cremalheira	Impresso em PLA/DIN 862 e 867
2	1	Guia do seguidor	Impresso em PLA
3	1	Pinhão	Impresso em PLA/DIN 862 e 867
4	1	Eixo	Impresso em PLA
5	1	Alavanca de acionamento do eixo	Impresso em PLA
6	1	Haste de apoio para o seguidor	Impresso em PLA
7	1	Seguidor de face plana	Impresso em PLA
8	1	Came	Impresso em PLA
9	2	Apoio da prancheta	Impresso em PLA
10	1	Mola de retorno do seguidor	Usinado em aço SAE 9254
11	1	Seguidor de rolete	Impresso em PLA
12	1	Seguidor de ponta de faca	Impresso em PLA
13	1	Rolamento do seguidor	DIN 615 - E5 - 5x16x5
14	1	Parafuso de fixação do rolamento	DIN /ISO 4018 - M5x16
15	1	Porca de fixação do rolamento	DIN/ISO 4033 - M5

Fonte: Autor, 2018

Figura 34: Vista explodida do projeto



Fonte: Autor, 2018

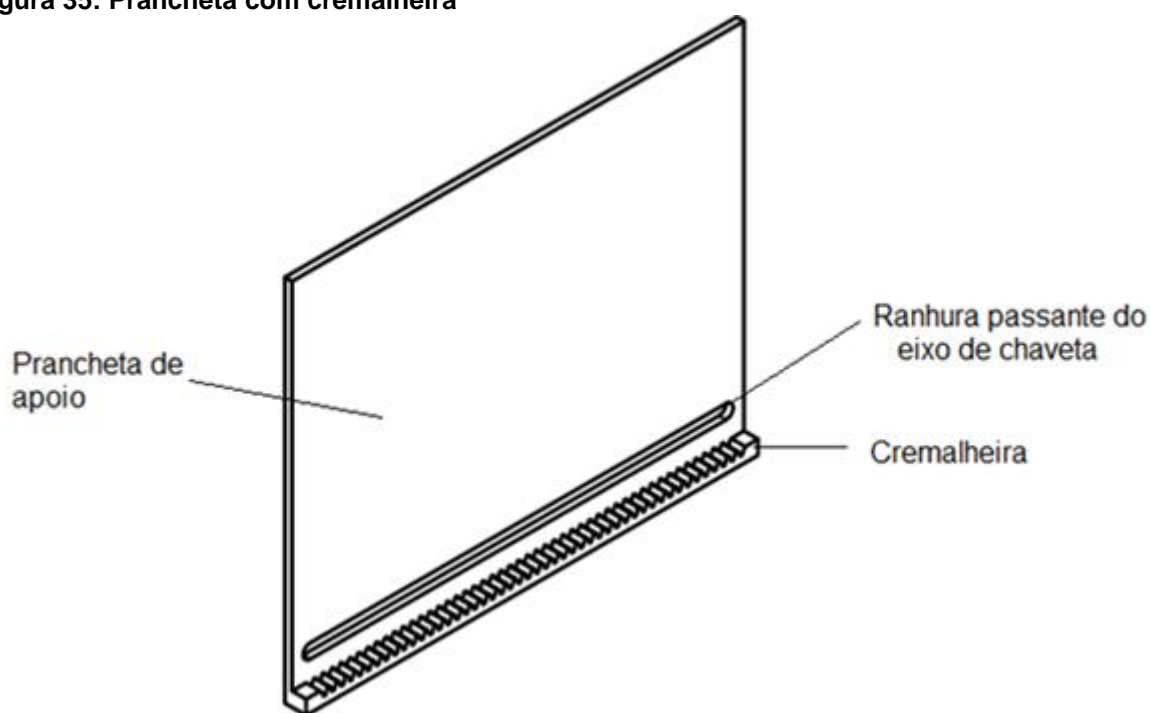
Nas seções a seguir serão descritas as funções das peças projetadas para o sistema e serão apresentados os desenhos em perspectiva das peças produzidos no *software* Autodesk Inventor. Demais informações técnicas poderão ser observadas conforme o anexo A.

#### 5.1.1.1 Prancheta com cremalheira

Para se prover apoio que possibilitasse a impressão do gráfico do deslocamento do came, projetou-se uma estrutura em forma de prancheta, conforme observado na Figura 35.

O corpo da prancheta projetada é ainda constituído por uma cremalheira, que exerce função vital no sincronismo e movimento dos demais elementos. A ranhura passante permite que o eixo se conecte com os demais elementos, sincronizando o movimento da prancheta com a guia do seguidor.

**Figura 35: Prancheta com cremalheira**



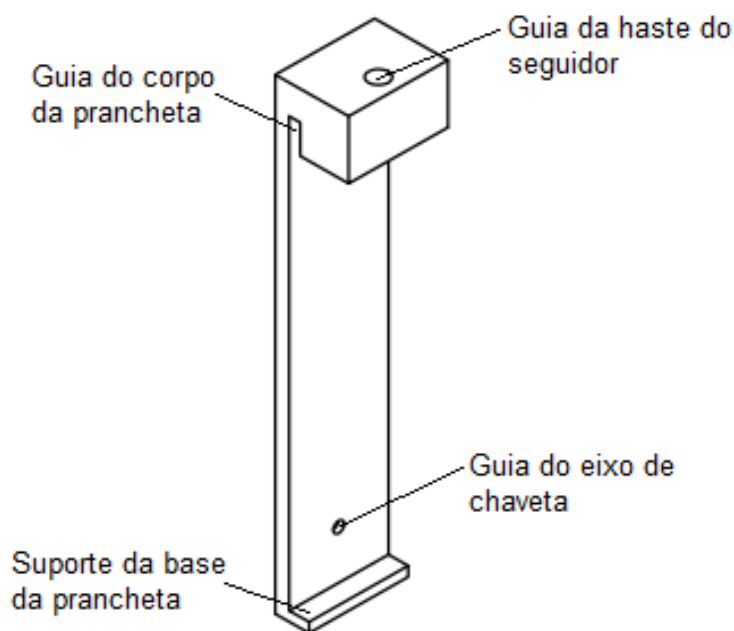
Fonte: Autor, 2018

#### 5.1.1.2 Guia do seguidor

A guia do seguidor (Figura 36) foi projetada com a finalidade de sincronizar o deslocamento do pinhão e came em relação a prancheta, uma vez que o eixo é orientado por meio de um furo, posicionado concentricamente com a ranhura da prancheta.



Figura 36: Guia do seguidor



Fonte: Autor, 2018

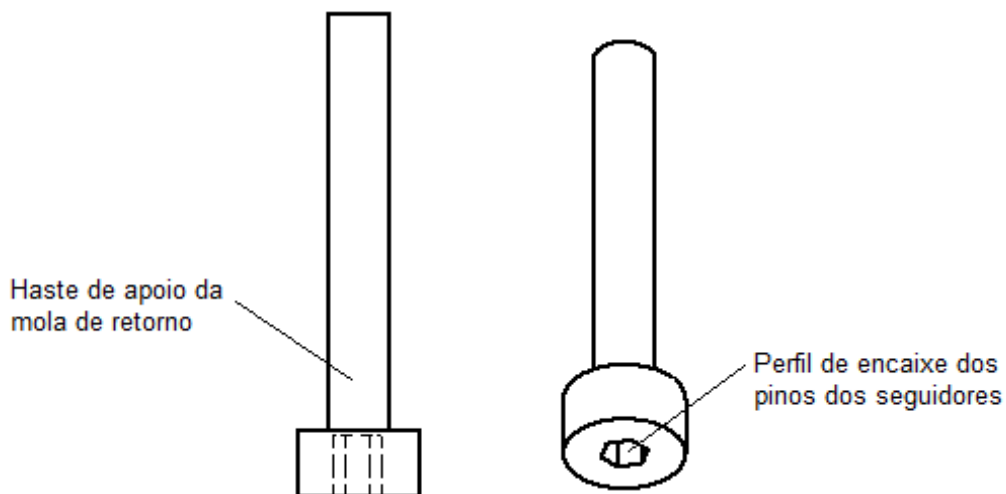
#### 5.1.1.3 Haste de apoio do seguidor

Visando reduzir tempo de troca de seguidores, bem como maior praticidade, projetou-se uma haste para os seguidores, sendo que a mesma possui um furo de encaixe sextavado compatível com um pino de mesmo perfil presente na extremidade dos seguidores.

Além da haste de apoio do seguidor possuir a função de orientar o deslocamento do came, o mesmo é responsável suportar a mola de retorno do seguidor que o mantém em contato com a superfície do came.

Por meio da Figura 37 pode se observar o perfil da haste guia e do furo de encaixe sextavado, que são acoplados aos seguidores.

**Figura 37: Haste de apoio para o seguidor**



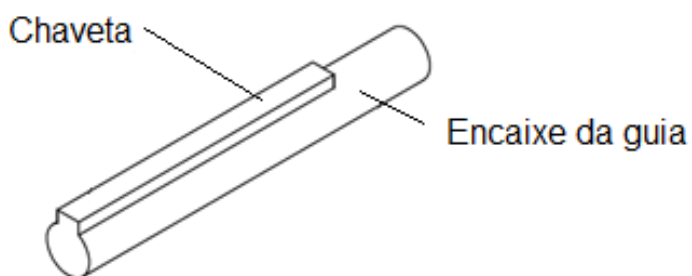
Fonte: Autor, 2018

#### 5.1.1.4 Eixo de chaveta

Tendo em vista a necessidade de movimentar os elementos que compõem o equipamento como um todo, desenvolveu-se um eixo de chaveta responsável por ligar a alavanca de acionamento com o pinhão, guia do seguidor e cames.

Vale ainda destacar que o perfil da chaveta possui exatamente o mesmo perfil de encaixe da alavanca de acionamento, came e pinhão. O perfil do eixo é apresentado conforme a Figura 38.

**Figura 38: Eixo de chaveta**



Fonte: Autor, 2018

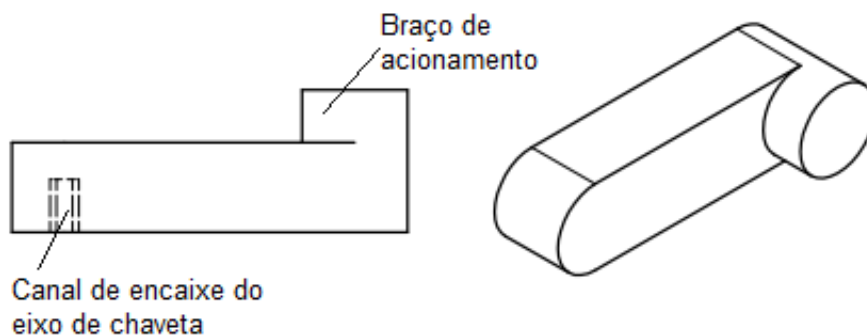
#### 5.1.1.5 Alavanca de acionamento do eixo

Assim como a chaveta, projetou-se uma alavanca de acionamento do eixo de chaveta com o objetivo de acionar os demais elementos. A alavanca projetada é

constituída por uma extremidade que contém um canal com o perfil da chaveta, e outra por um braço de acionamento.

A Figura 39 mostra o desenho da vista frontal e perspectiva da alavanca.

**Figura 39: Alavanca de acionamento do eixo**

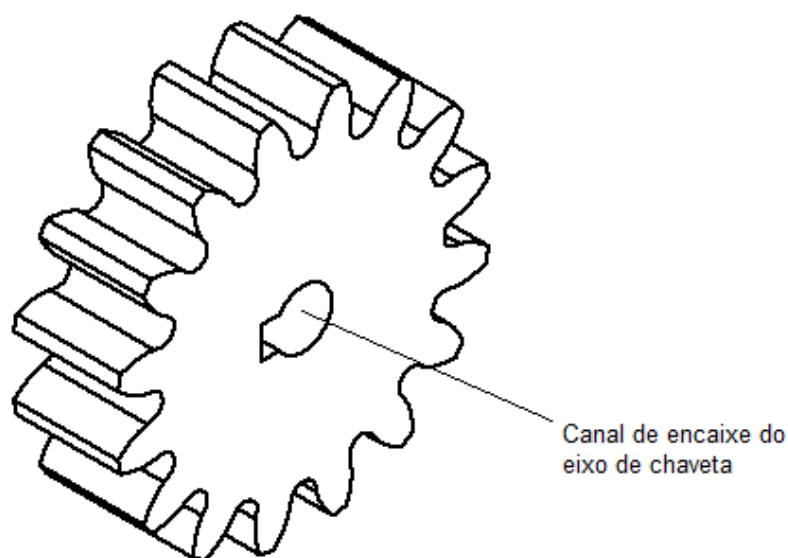


Fonte: Autor, 2018

#### 5.1.1.6 Pinhão

O pinhão (Figura 40) foi projetado utilizando os mesmos parâmetros adotados na projeção da cremalheira acoplada à prancheta, assim possibilitou-se a sincronização de movimento entre as peças ligadas ao pinhão com os demais elementos.

**Figura 40: Pinhão**



Fonte: Autor, 2018

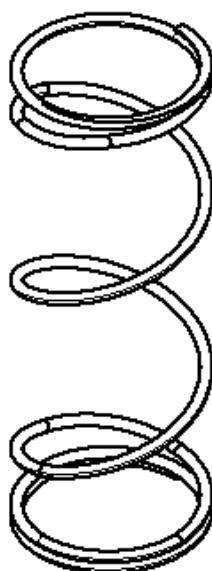
#### 5.1.1.7 Mola de retorno do seguidor

Os parâmetros definidos da mola de compressão foram tomados com base em algumas características físicas da mola, sendo elas o número de espiras, comprimento livre e sólido, diâmetro do fio, passo, diâmetro externo, médio e interno da mola (AUTODESK, 2016).

A mola de compressão tem a função de aplicar uma carga para manter o seguidor sobre a superfície do came, garantindo assim que ambos os elementos estejam sempre em contato quando o sistema estiver em operação.

O desenho da mola de compressão pode ser visto na Figura 41.

**Figura 41: Mola de retorno do seguidor**



**Fonte: Autor, 2018**

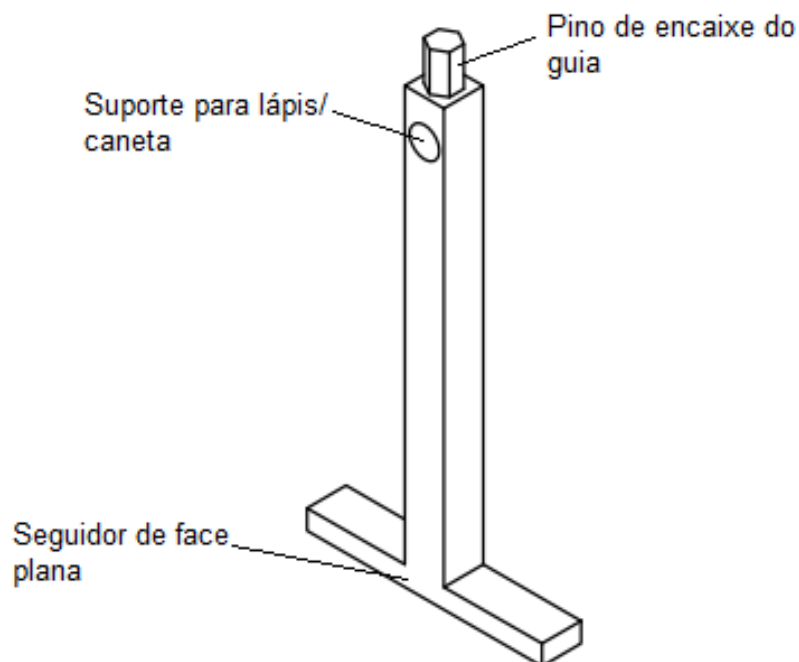
#### 5.1.1.8 Seguidor de face plana

O seguidor de face plana foi desenvolvido para atuar radialmente sobre a superfície do came a ser estudado pelo sistema.

Na parte superior localiza-se um pino sextavado, que serve para encaixar na parte inferior da haste de apoio do seguidor. No corpo do seguidor há um furo passante que possibilita o encaixe de um lápis ou caneta para que o desenho do gráfico seja desenvolvido sob a superfície do papel na prancheta.

O desenho do seguidor em questão e suas partes constituintes podem ser observados, conforme a Figura 42.

**Figura 42: Seguidor de face plana**



**Fonte: Autor, 2018**

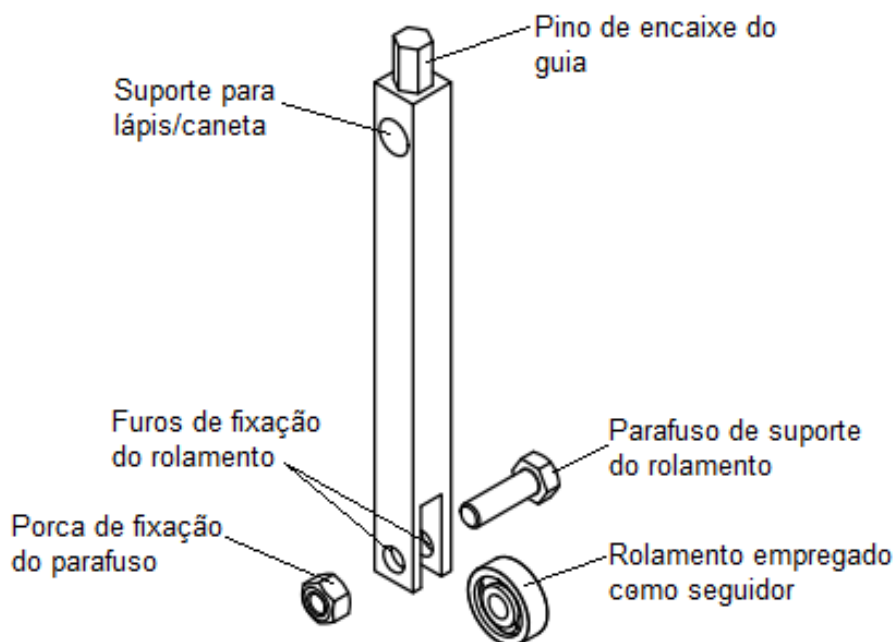
#### 5.1.1.9 Seguidor de rolete

O seguidor de rolete foi idealizado utilizando-se um rolamento como rolete, visando reduzir o coeficiente de atrito entre a superfície de contato do seguidor com o came.

Este seguidor, assim como o de face plana, também possui um pino sextavado e o furo passante de suporte para lápis ou caneta. A diferença deste seguidor para os demais se dá pela necessidade de haver um eixo de suporte para o rolete, sendo que o mesmo deve ser fixado para evitar o deslocamento desnecessário do rolamento.

Portanto, projetou-se uma extremidade com uma secção de suporte para o rolete e para um eixo, constituído por um parafuso de mesmo diâmetro interno que o rolamento, sendo este pino fixado por uma porca em sua extremidade externa, conforme a Figura 44.

Figura 43: Partes constituintes do seguidor de rolete



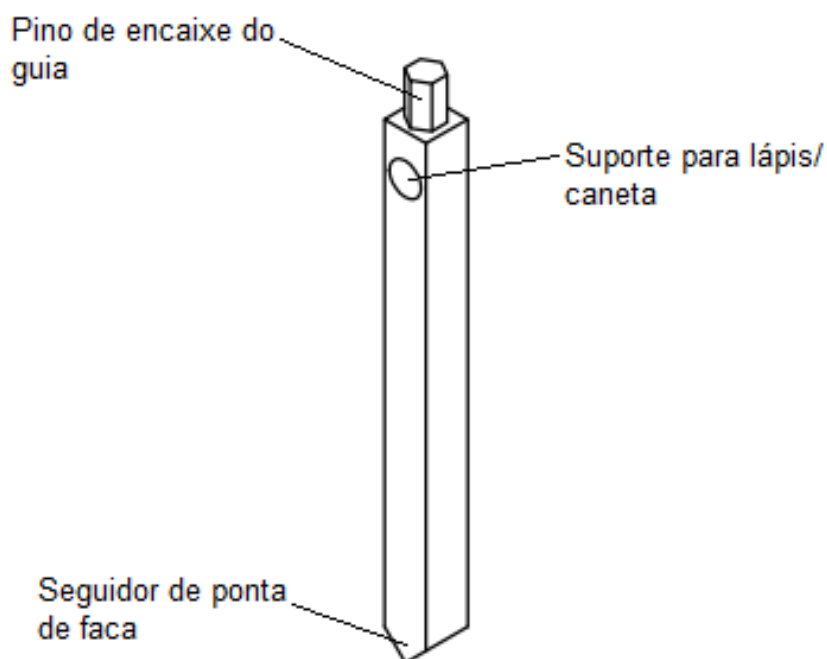
Fonte: Autor, 2018

#### 5.1.1.10 Seguidor de ponta de faca

Assim como os demais seguidores, projetou-se um seguidor de ponta de faca. Tal seguidor é caracterizado por possuir um atrito intermediário em comparação ao seguidor de face plana e de rolete, este fato se deve principalmente devido a menor superfície de contato entre a superfície do seguidor e do came.

O seguidor de ponta de faca pode ser visualizado conforme a Figura 44.

**Figura 44: Seguidor de ponta de faca**



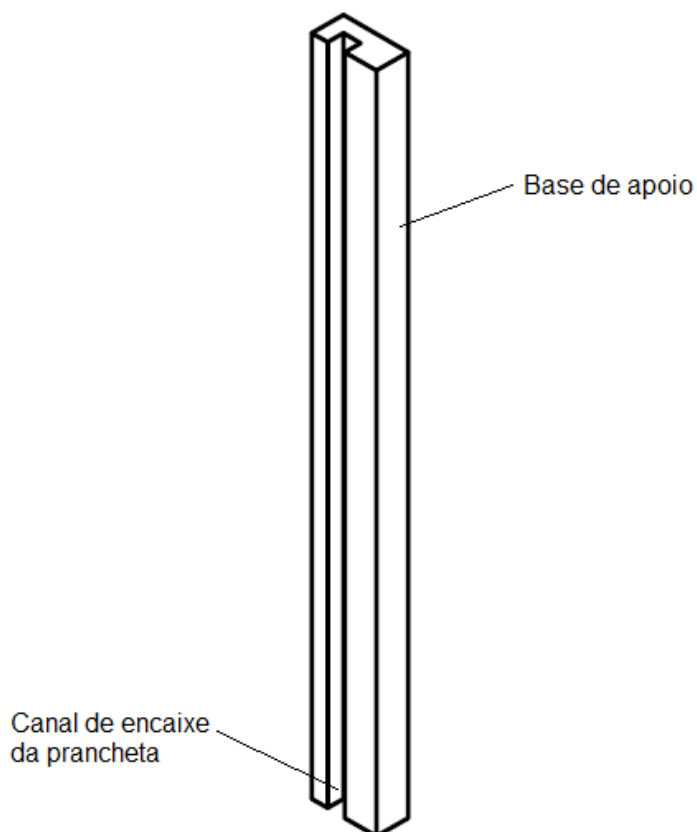
**Fonte: Autor, 2018**

#### 5.1.1.11 Apoio da prancheta

Para evitar com que a prancheta com a cremalheira se mova sobre o corpo da guia do seguidor, projetaram-se dois apoios que são encaixados aos lados da prancheta para prover suporte da prancheta sobre a mesa de apoio na qual o equipamento deve ser utilizado.

O apoio da prancheta pode ser observado conforme o esquema apresentado na Figura 45.

Figura 45: Base de apoio da prancheta



Fonte: Autor, 2018

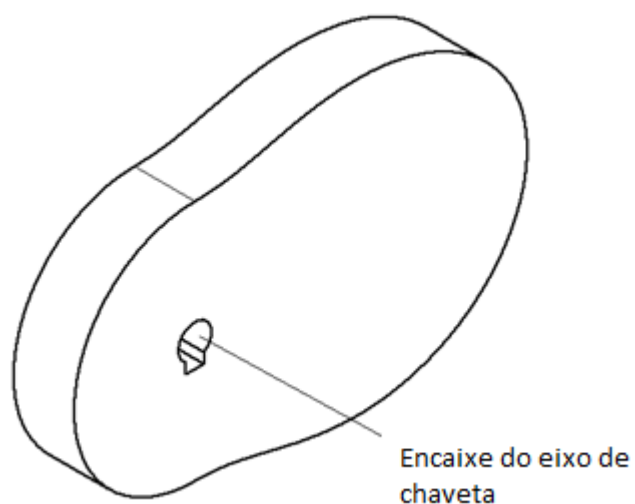
#### 5.1.1.12 Came

Utilizando-se da ferramenta de *design* acelerador disponível no Autodesk Inventor, com base no estudo dos gráficos de deslocamento de cames em função do tempo ou ângulo, geraram-se alguns cames radiais com deslocamento do seguidor fixado em 35 mm para todos os cames. Ressalta-se ainda que algumas características dos cames foram adotadas, visando compatibilidade do mecanismo com o equipamento projetado.

O perfil de um came padrão utilizado na projeção do sistema pode ser observado na Figura 46.



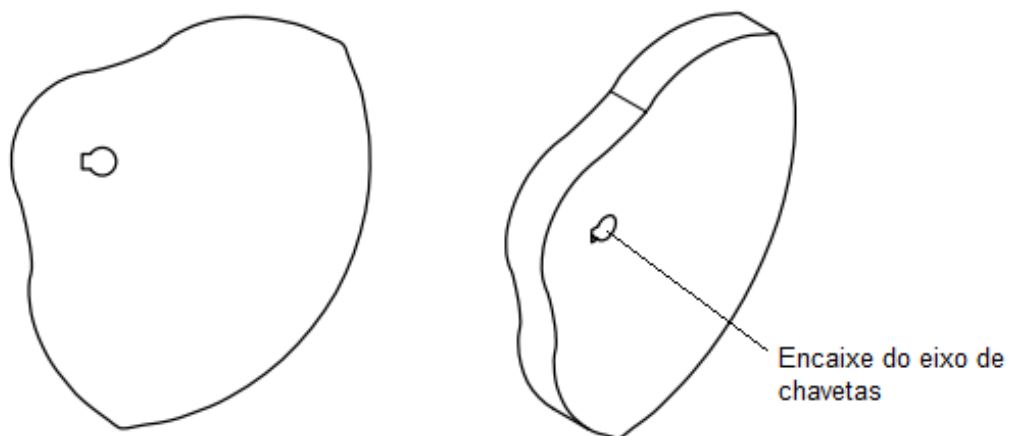
**Figura 46: Came padrão**



Fonte: Autor, 2018

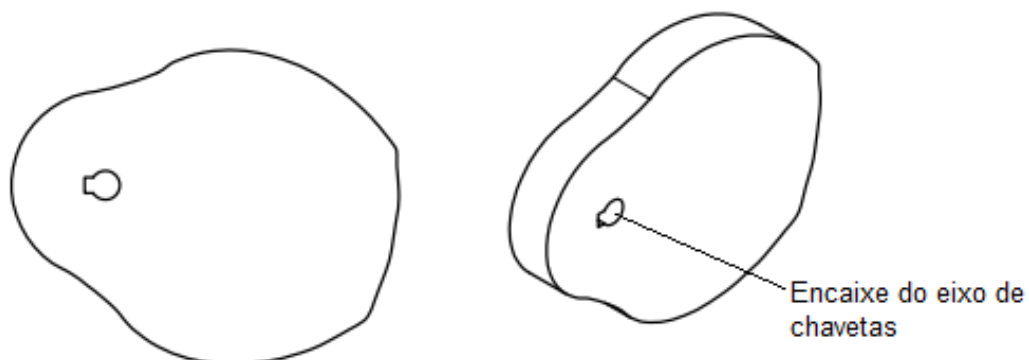
Por meio da Figura 47 pode-se observar o came de relação de dois fios de trama, projetado para produzir tecidos com padronagem de tela.

**Figura 47: Came (2|1)**



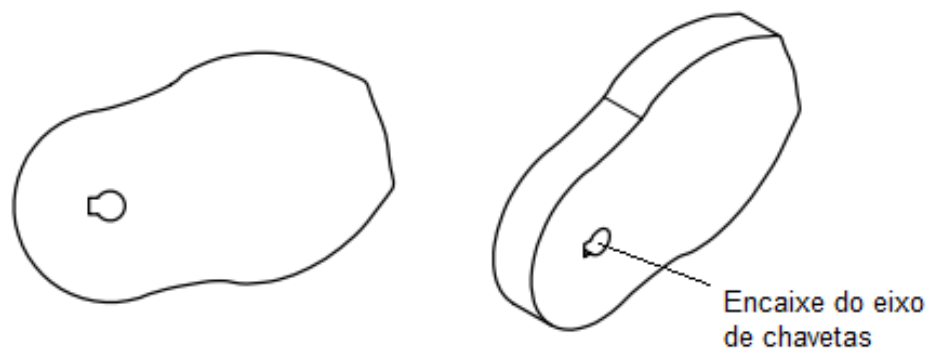
Fonte: Autor, 2018

Na Figura 48 pode-se observar o came de relação de três fios de trama, projetado principalmente para produzir tecidos com padronagem de sarja.

**Figura 48: Came (3|1)**

Fonte: Autor, 2018

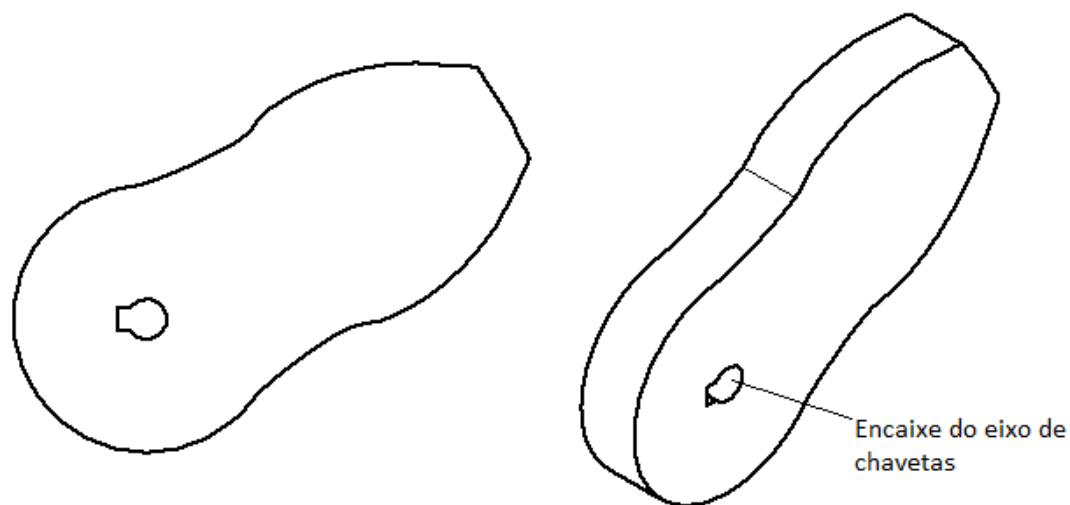
Projetou-se ainda um came com relação de quatro fios utilizado para produzir tecidos com padronagem de sarja com quatro fios, conforme apresentado na Figura 49.

**Figura 49: Came (4|1)**

Fonte: Autor, 2018

Na Figura 50 pode-se observar o came de relação de cinco fios de trama, projetado principalmente para produzir tecidos com padronagem de sarja e cetim.

Figura 50: Came (5|1)



Fonte: Autor, 2018

### 5.1.2 Montagem do equipamento desenvolvido

Para tornar a utilização deste equipamento simples, formulou-se um manual contendo as instruções para a montagem, utilização e manutenção do sistema.

Além das instruções de uso o manual contém uma breve revisão bibliográfica sobre o acionamento de quadros de liços por cames, e uma prática voltada para a definição de padronagens de tela e sarja a partir da identificação do gráfico de deslocamento de cames.

O manual de instruções e utilização bem como a prática proposta, pode ser observado no anexo A.

### 5.1.3 Relação de desenhos técnicos do projeto

Os parâmetros de projeto das peças que compõem o equipamento podem ser visualizados conforme o Anexo B, sendo o anexo é composto pela relação de projeções ortogonais das peças contendo as principais medidas de projeção adotadas.

#### 5.1.4 Produção do equipamento

O equipamento projetado materializado através de uma impressora 3D FDM do modelo Cliever CL2 Pro Plus a partir do polímero PLA. O dimensionamento das peças foi feito visando adequar o projeto a área de impressão disponível, que permite produzir peças de no máximo 300 mm largura, 230 mm profundidade e 450 mm altura.

Por meio da Figura 50, pode-se observar a impressão do pinhão e dos apoios da prancheta.

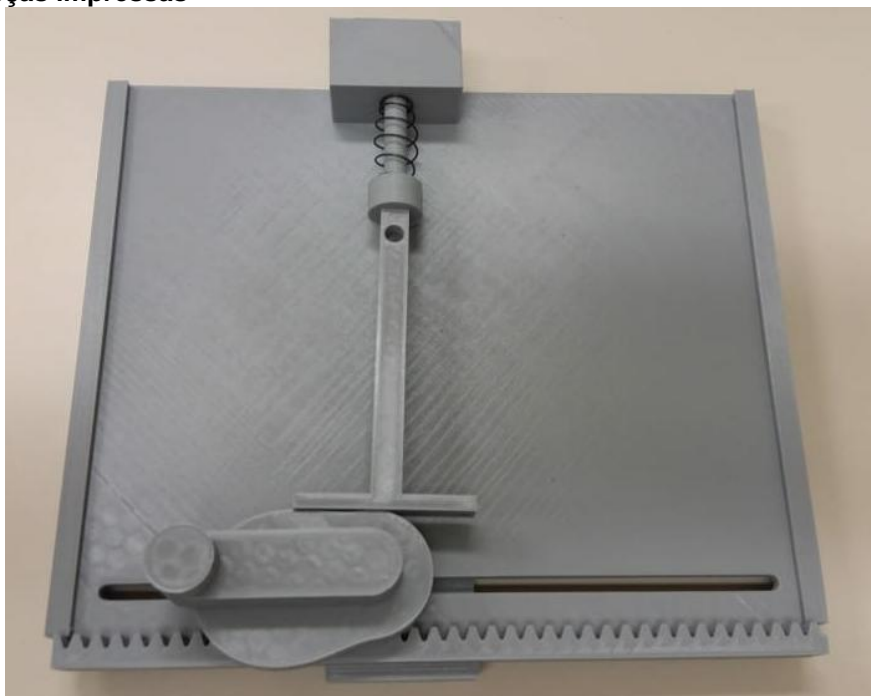
**Figura 51: Impressão do pinhão e dos apoios**



Fonte: Autor, 2018

Nota-se que, devido a impressão ser realizada em forma de camadas sobrepostas, é necessário realizar um acabamento com lixas d'água e resina, visando alisar a superfície o máximo possível. Na Figura 51 é apresentado o sistema impresso e montado.

**Figura 52: Peças impressas**



Fonte: Autor, 2018

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um equipamento didático voltado para o ensino de tecnologia de tecelagem e padronagem, sendo o trabalho justificado pela existência de poucos recursos voltados ao ensino de engenharia têxtil, e do fato de equipamentos industriais demandarem altos recursos financeiros para aquisição.

A partir da realização de uma profunda revisão bibliográfica, buscou-se compreender o funcionamento de mecanismos utilizados em teares no processo de abertura de cala e formação de padronagens, e criar um equipamento capaz de simular operação de tais mecanismos.

Como resultados deste trabalho, foram criadas peças para o equipamento responsável por prover o movimento de revolução do came, ao passo que o gráfico de deslocamento é impresso. O projeto foi concebido principalmente com inspiração no espirógrafo e nas caixas de excêntricos de teares. Criou-se também, um manual de instruções, que mostra o passo a passo de montagem do equipamento, além de uma breve revisão bibliográfica sobre a relação dos gráficos de revolução de cames radiais com a formação de padronagens fundamentais. O anexo contém ainda uma

prática proposta para a identificação de padronagens a partir do gráfico de deslocamento dos cames.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu aprofundar o conhecimento do funcionamento de teares, além de possibilitar entender mais facilmente a relação dos mecanismos dos teares com a formação de tecidos planos. Destaca-se ainda o aprendizado obtido no projeto e simulação de equipamentos utilizando o *software* Autodesk Inventor.

Dessa forma acredita-se que o equipamento desenvolvido será de grande auxílio para a formação acadêmica, tendo em vista que o mesmo permite a interação manual da comunidade acadêmica com elementos de máquinas reais, sem a necessidade de posse de um equipamento industrial. Além disso, a revisão bibliográfica feita juntamente com a prática de ensino proposta servirá como incentivo para a criação, produção e estudo de novos cames e padronagens.

Por fim, este trabalho não aborda o desenvolvimento de todos os formatos de cames existentes, além de não abordar a relação dos mecanismos de inserção de trama bem como a posição dos fios durante o funcionamento dos mecanismos. Com isso propõem-se que futuros trabalhos, estudem a interação dos mecanismos de inserção de trama com os mecanismos de abertura de cala efetuada por cames.

Propõe-se ainda que, aprofunde-se o estudo de indexação de cames para a formação de ligações fundamentais de tecidos planos, além de eventuais aprimoramentos do sistema projetado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAQ, Associação Brasileira das Indústria de Máquina. **A história das máquinas Abimaq 70 anos**. São Paulo, Brasil: Magma Cultural e Editora, 2006. 168 p.

ADANUR, Sabit. **HANDBOOK OF WEAVING**. Boca Raton, EUA: Press Taylor & Francis Group, 2001. 427 p.

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias. **UM PROCESSO PARA UTILIZAR A TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**. 2016. 226 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Educação Para A Ciência, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, Brasil, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT (São Paulo). **ABNT/CB-017 - Comitê Brasileiro de Têxteis e do Vestuário**. 2017. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb-17>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

AUTODESK, Inventor. **Software CAD 3D para o desenvolvimento de produtos**. 2017. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/inventor/overview>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

AUTODESK, Inventor 2016. **Fórmulas de cálculo de molas de compressão em unidades métricas**. 2016. Disponível em: <<http://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2016/PTB/?guid=GUID-41BD02C6-72C6-40F4-80C8-AE2C3B80BF09>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

CASTELLI, Giovanni et al. **Weaving**: Reference Book of Textile Technologies. Milão, Itália: Italian Association of Textile Machinery Producers, 2000. 93 p.

CHOOGIN, Valeriy V.; BANDARA, Palitha; CHEPELYUK, Elena V. **Mechanisms of flat weaving technology**. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited, 2013. 252 p.

CLIEVER. **Manual Equipamento de Impressão 3D CL2 PRO PLUS**. Porto Alegre, Brasil: Cliever Soluções em Prototipagem, 2017. 29 p.

CLIEVER. **O que é impressão 3D?** Porto Alegre, Brasil. 2017. Disponível em: <[https://www.cliever.com/pt-br/blog/post/17/o-que-e-impressao-3d->](https://www.cliever.com/pt-br/blog/post/17/o-que-e-impressao-3d-). Acesso em: 03 nov. 2017.

CLIEVER. **Tutorial de Instalação do software Cliever Studio e suas funcionalidades.** Porto Alegre, Brasil: Cliever Soluções em Prototipagem, 2017. 16 p.

DAWSON, R.M. et al. Filling Velocity Changes at Tip Transfer on Rapier Looms: A Simple Analysis. **Textile Research Journal**. Manchester, Inglaterra, p. 739-746. 1 out. 1996.

FLORES, Paulo; CLARO, José Carlo Pimenta. **Introdução ao Estudo de Mecanismos.** Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/296332691\\_Introducao\\_ao\\_Estudo\\_de\\_Mecanismos?enrichId=rgreq-ee65f4a037821f75ca2ac412b5e382a0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI5NjMzMjY5MTtBUzozMzQ1NDI2NTgzOTIwNjRAMTQ1Njc3MjU5Mzc5OA==&el=1\\_x\\_2&\\_esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/296332691_Introducao_ao_Estudo_de_Mecanismos?enrichId=rgreq-ee65f4a037821f75ca2ac412b5e382a0-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI5NjMzMjY5MTtBUzozMzQ1NDI2NTgzOTIwNjRAMTQ1Njc3MjU5Mzc5OA==&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf)>. Acesso em: 25 out. 2017.

FRIEDMAN, Henry L. et al. Abrasion Studies of Sized Cotton Yarns Before and After Weaving. **Textile Research Journal**. Princeton, Inglaterra: v. 56, n. 11, p.622-629, out. 1989.

GANDHI, Kim. **Woven textiles:** Principles, developments and applications. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited, 2012.

GOKARNESHAN, N.; VARADARAJAN, B.; KUMAR, C. B. Senthil. **Mechanics and calculations of textile machinery.** New Delhi, India: Woodhead Publishing India. Ltd., 2013. 376 p.

GÖKTEPE, Özer; BOZKAN, Orcun. Study on Reduction of Air Consumption on Air-jet Weaving Machines. **Textile Research Journal**. Isparta, Turquia, p. 816-824. 1 set. 2008.

GORDO, Nívia; FERREIRA, Joel. **TELECURSO 2000 - PROFISSIONALIZANTE: MÓDULOS ESPECIAIS MECÂNICA:** Elementos de Máquinas 1. São Paulo, Brasil: Senai Departamento Regional de São Paulo, 2003. 425 p.



GRIES, Thomas; VEIT, Dieter; WULFHORST, Burkhard. **Textile Technology: An Introduction**. 2. ed. Munique, Alemanha: Hanser Publishers, 2015. 439 p.

HALL, Leon M. Trochoids, Roses, and Thorns-Beyond the Spirograph. **The College Mathematics Journal**. Washington, EUA, p. 20-35. jan. 1992. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Leon\\_Hall/publication/276029259\\_Trochoids\\_Roses\\_and\\_Thorns-Beyond\\_the\\_Spirograph/links/58af1cb8aca2725b54111e28/Trochoids-Roses-and-Thorns-Beyond-the-Spirograph.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Leon_Hall/publication/276029259_Trochoids_Roses_and_Thorns-Beyond_the_Spirograph/links/58af1cb8aca2725b54111e28/Trochoids-Roses-and-Thorns-Beyond-the-Spirograph.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2018.

KADOLPH, Sara J. **Textiles with Basic Textiles Swatch Kit**. 11. ed. Upper Saddle River, Eua: Pearson Prentice Hall Ptr, 2010. 581 p.

MAJUMDAR, Abhijit. **Principles of Woven Fabric Manufacturing**. Boca Raton, Eua: Crc Press Taylor & Francis Group, 2017. 463 p.

MAJUMDAR, Abhijit. **Shedding: Design of Shedding Cams**. 2017. Disponível em: <<http://nptel.ac.in/courses/116102005/53>>. Acesso em: 16 maio 2018.

MOHAMED, M. H.; LORD, P. R. **Weaving: CONVERSION OF YARN TO FABRIC**. Durham, Inglaterra: Merrow Publishing Co. Ltd., 1982. 398 p.

NAGARAJAN, Ganapathy. **Textile mechanisms in spinning and weaving machines**. New Delhi, India: Woodhead Publishing India Pvt. Ltd., 2015. 384 p.

NORTON, Robert L. **Cam Design and Manufacturing Handbook**. 2. ed. New York, Eua: Industrial Press, 2009. 608 p.

OBBERG, Erik et al. **Machinery's Handbook**: 28th Edition. 28. ed. New York: Industrial Press New York, 2008. 3454 p.

PERTECE, Antônio E. M.; SANTOS, Daniel M. C.; JARDIM, Helton Vilela. DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE DESENHO MECÂNICO UTILIZANDO O CONCEITO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 29., 2001, Porto Alegre, Brasil. **Anais...** . Porto Alegre: Conbege, 2001. p. 222 - 230. Disponível em: <<http://www.pp.ufu.br/Cobenge2001/trabalhos/NTM047.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

RIBEIRO, Luis Gonzaga. **Introdução à tecnologia têxtil**. Rio de Janeiro, Brasil: Cetiqt/ Senai, 1984. 2014 p.

ROTHBART, Harold A. **CAM DESIGN HANDBOOK**. Teaneck: Mcgraw-hill Professional, 2004. 606 p.

SCHNEIDER, Josef. **Weberei**: Verfahren und Maschinen für die Gewebeerstellung. Mönchengladbach, Alemanha: Springer Verlag, 1961. 495 p.

STÄUBLI. **Exzenter- und Schaftmaschinen für alle Anwendungen**. 2017. Disponível em: <<https://www.staubli.com/de/textile/textilmaschinen/schaftweben/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

STÄUBLI. **Manual de utilização: M.A.F. - Tipo 1661**. Zürich, Suíça: Stäubli Faverges, 2008. 109 p.

STÄUBLI. **Maquinetas rotativas S3000 / S3200 para tecidos planos**. 2017. Disponível em: <<https://www.staubli.com/br/textile/produtos/tecelagem-com-quadro/maquinetas-rotativas-s3000-s3200/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

VLČEK, Bohumil. **HANDBUCH DER WEBEREI: UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES AUFBAUES UND DER ARBEITSWEISE DER WEBSTÜHLE**. Viena, Áustria: Verlag von Julius Springer, 1933. 464 p.

Wikipedia. **Espirográfo**. 2018. Disponível em: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Espir%C3%B3grafo>>. Acesso em: 04 abr. 2018.

ZHANG, Zhonghuai; MOHAMED, Mansour H. Theoretical Investigations of Beat-Up. **Textile Research Journal**. Raleigh, p. 395-404. jul. 1989.