



Anderson Rafael Halmann

Eduardo Ludwig

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA REDUÇÃO DE
PERDAS DE MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE CORTE EM UMA
FÁBRICA DE ARTEFATOS DE MADEIRA**

Horizontina-RS

2017

Anderson Rafael Halmann

Eduardo Ludwig

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA REDUÇÃO DE
PERDAS DE MATÉRIA-PRIMA NO PROCESSO DE CORTE EM UMA
FÁBRICA DE ARTEFATOS DE MADEIRA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob orientação do Prof. Me. Guilherme Beras.

Horizontina-RS

2017

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso
Desenvolvimento de um equipamento para redução de perdas de
matéria-prima no processo de corte em uma fábrica de artefatos de
madeira**

Elaborada por:

Anderson Rafael Halmann

Eduardo Ludwig

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 20/11/2017

Pela Comissão Examinadora



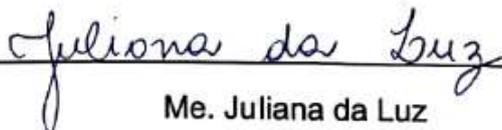
Me. Guilherme Beras

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Me. Sirnei Cesar Kach

FAHOR – Faculdade Horizontina



Me. Juliana da Luz

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2017

AGRADECIMENTO

Aos professores da FAHOR, que durante esta jornada nos transmitiram todo seu conhecimento, em especial ao Prof. Guilherme Beras, que nos auxiliou imensamente na elaboração deste trabalho.

A palitos Mauá, que nos auxiliou durante toda a elaboração deste trabalho, e em especial ao Cristian Dorlei Paluchowski que sempre esteve disposto a sanar as dúvidas emergente referente aos processos da fábrica.

E em especial a todos os colegas que nos acompanharam durante esta jornada.

“Mantenha-se faminto por coisas novas, mantenha-se certo de sua ignorância. Continue ávido por aprender, continue ingênuo e humilde para procurar. Tenha fome de vida, sede de descobrir”.

(Steve Jobs)

RESUMO

As reduções de perdas nos processos produtivos são de grande importância uma vez que em geral os maiores custos de produção de uma empresa estão na matéria-prima de seus produtos, desta forma, este trabalho objetivou a elaboração de um projeto detalhado de uma máquina de corte de madeira que permita a redução de desperdício de matéria-prima no processo de corte de uma empresa fabricante de palitos dentais. Na busca de maximizar os resultados e atender os requisitos do cliente, utilizou-se da metodologia de projeto de produto, utilizando para isso, ferramentas como Diagrama de Mudge, Casa da Qualidade (QFD), Matriz de decisão, entre outras, para que desta forma pudesse ser definido o conceito mais adequado para atender as expectativas do cliente. Ao longo deste projeto, é possível visualizar todas as fases de projeto de produto utilizadas, que vão do projeto informacional, passando pelo conceitual e chegando ao detalhado, bem como características pertinentes ao processo de corte da madeira. Após utilizar a metodologia apresentada, foi possível se chegar ao conceito de uma máquina para corte de madeira do tipo serra fita, que permitirá a redução do desperdício de matéria-prima no processo de corte, assim, atingindo o objetivo para a qual foi proposta.

Palavras-chave: Projeto de produto. Desperdício. Matéria-prima.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais ângulos de corte	18
Figura 2: Planejamento do Projeto	23
Figura 3: Definição dos interessados no projeto	23
Figura 4: Diagrama de Mudge.....	41
Figura 5 : QFD (Casa da Qualidade).....	43
Figura 6: Função Global do sistema.....	46
Figura 7: Estrutura funcional simplificada.....	47
Figura 8: Estrutura funcional	47
Figura 9: Concepção 1	52
Figura 10: Concepção 2	53
Figura 11: Concepção 3	54
Figura 12: Concepção 4	54
Figura 13: Esboço da concepção final do projeto.....	56
Figura 14: Acionamento elétrico.....	57
Figura 15: Posicionamento inicial.....	57
Figura 16: Ajuste de rotações, distâncias e avanços	58
Figura 17: Transporte da madeira (entrada).....	58
Figura 18: Estruturação do sistema.....	59
Figura 19: Corte da madeira.....	59
Figura 20: Sucção da serragem	60
Figura 21: Transporte da madeira (saída).....	60
Figura 22: Armazenagem	61
Figura 23: Leiaute preliminar e portadores de efeito físico.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de desbaste	17
Quadro 2: Nomenclatura das superfícies de uma faca/dente de corte.....	19
Quadro 3: Interessados no projeto	32
Quadro 4: Cronograma	34
Quadro 5: Orçamento.....	35
Quadro 6: Identificação dos riscos	36
Quadro 7: Indicadores de desempenho	37
Quadro 8: Ciclo de vida do produto.....	38
Quadro 9: Necessidades dos clientes	39
Quadro 10: Requisitos do Projeto	40
Quadro 11: Classificação do Diagrama de Mudge	42
Quadro 12: Terço Superior.....	44
Quadro 13: Terço Médio	45
Quadro 14: Terço Inferior	45
Quadro 15: Descrição das funções	48
Quadro 16: Matriz Morfológica	49
Quadro 17: Combinação dos princípios de solução	51
Quadro 18: Matriz de decisão	55
Quadro 19: Verificação de erros e fatores de perturbação.....	67
Quadro 20: Lista dos componentes manufaturados.....	68
Quadro 21: Lista dos componentes comprados	68
Quadro 22: Lista de Verificação	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	15
2.1.1 Características do PDP	16
2.2 MÁQUINAS DE CORTE.....	16
2.2.1 Corte na Madeira	16
2.2.2 Geometria de Corte	17
2.2.3 Ângulos de Corte	17
2.2.4 Ferramentas de corte	18
2.2.5 Tipos e Sentidos de Desbaste	19
2.2.6 Parâmetros de Corte	20
2.2.6.1 Velocidade de Corte (VC).....	20
2.2.6.2 Velocidade de Avanço (Vf)	20
2.3 MADEIRA CANELA DE VEADO (<i>HELIETTA LONGIFOLIATA</i>).....	20
2.3.1 Propriedades	21
3 METODOLOGIA	22

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS.....	22
3.1.1 Planejamento do projeto.....	22
3.1.1.1 Interessados no Projeto.....	23
3.1.1.2 Escopo do Projeto	24
3.1.1.3 Cronograma e orçamento.....	25
3.1.1.4 Análise dos Riscos	25
3.1.1.5 Indicadores de Desempenho.....	25
3.1.2 Projeto informacional.....	26
3.1.2.1 Detalhar Ciclo de Vida do Produto	26
3.1.2.2 Identificar os Requisitos dos Clientes.....	26
3.1.2.3 Definir os Requisitos do Projeto	27
3.1.2.4 Hierarquizar Requisitos do Cliente e Produto.....	27
3.1.2.5 Definir Especificações-Meta do Produto.....	27
3.1.3 Projeto conceitual	27
3.1.3.1 Modelar Funcionalmente o Produto	28
3.1.3.2 Desenvolver Princípios de Solução para as Funções	28
3.1.3.3 Desenvolver as Alternativas de Solução para o Produto.....	28
3.1.3.4 Selecionar a Concepção do Produto	28
3.1.4 Projeto detalhado	29
3.1.4.1 Elaborar leiautes preliminares e desenhos de formas.....	29
3.1.4.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma	29
3.1.4.3 Finalizar as verificações	30
3.1.4.4 Revisar o projeto	30
3.1.5 Cálculo das perdas de matéria prima durante o corte.....	30
3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	30
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	32

4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO	32
4.1.1 Definir interessados do projeto	32
4.1.2 Declaração do escopo do projeto	33
4.1.4 Cronograma e orçamento.....	33
4.1.5 Análise de riscos	35
4.1.6 Indicadores de desempenho	36
4.2 PROJETO INFORMACIONAL.....	37
4.2.1 Detalhar Ciclo de Vida do Produto	37
4.2.2 Identificar as Necessidades dos Clientes	38
4.2.3 Definir os Requisitos do Projeto.....	39
4.2.4 Hierarquizar Requisitos do Cliente e Produto	40
4.2.5 Definir Especificações-Meta do Produto.....	44
4.3 PROJETO CONCEITUAL	46
4.3.1 Modelar Funcionalmente o Produto	46
4.3.2 Desenvolver Princípios de Solução para as Funções.....	48
4.3.3 Desenvolver as Alternativas de Solução para o Produto	50
4.3.4 Selecionar a Concepção do Produto.....	55
4.4 PROJETO DETALHADO.....	61
4.4.1 Leiautes preliminares e desenhos de forma.....	61
4.4.1.1 Estrutura.....	62
4.4.1.2 Sistema de corte	63
4.4.1.3 Sistema de saída.....	63
4.4.1.4 Sistema de entrada	63
4.4.1.5 Sucção da serragem	64
4.4.2 Leiautes detalhados e desenhos de forma	64
4.4.2.1 Dimensionamento do sistema	64
4.4.3 Verificação de erros e fatores de perturbação	66

4.4.4 Revisão do projeto	69
4.5 CÁLCULO DAS PERDAS DE MATÉRIA PRIMA DURANTE O CORTE.....	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A — SIMULAÇÃO DAS CARGAS APLICADAS AO SISTEMA ATRAVÉS DO SOFTWARE MD SOLIDS.....	73
APÊNDICE B — ANÁLISE DAS TENSÕES ATUANTES ATRAVÉS DO SOFTWARE PTC CREO.....	74
APÊNDICE C — DESENHOS DETALHADOS.....	75
ANEXO A — DIMENSIONAMENTO DAS CORREIAS E POLIAS.....	149
ANEXO B — PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS	150

1 INTRODUÇÃO

O processo de corte de madeira tem diversas utilizações e também é usado por diversos ramos da indústria. Por se tratar de um processo utilizado desde a antiguidade, tem-se a impressão de que o mesmo é de simples execução, porém existem diversos fatores que devem ser levados em consideração no momento do corte. Uma das principais variáveis é a aplicação, onde os parâmetros para o corte da madeira se diferenciam muito conforme o seu objetivo e a necessidade de acabamento da superfície. O processo de corte pode ser automatizado, conforme indústrias modernas, manual como no processo utilizado por artesãos, e ainda mecanizado, quando há a necessidade de um operador interagindo juntamente com a máquina.

Um dos grandes desafios do processo de corte da madeira, é realização deste com pouco desperdício, pois, na maioria das vezes o corte é realizado por serras de grande espessura e desta forma gera-se um elevado volume de serragem e conseqüente desperdício de matéria-prima.

Este projeto tem por finalidade aplicar a metodologia de projeto de produto para desenvolver um equipamento que aprimore o processo e reduza a perda de matéria-prima no processo de corte da madeira em lascas para a fabricação de palitos de dente em uma empresa de artefatos de madeira.

Atualmente o processo de corte da matéria-prima é composto por serras com elevada espessura, o que conseqüentemente gera perdas significativas no processo e minimizam a rentabilidade da empresa em questão.

O desenvolvimento de um produto com conceito otimizado, focado especificamente no processo em questão possibilitará uma melhor utilização da madeira, maximizando os resultados e diminuindo o impacto gerado pelos desperdícios desta matéria-prima natural e finita.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho se refere ao projeto de uma máquina para corte de madeira que permita uma redução de 20% do desperdício de matéria-prima no processo de corte de madeira de uma empresa de artefatos de madeira.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se ao projeto de uma máquina para realizar o corte inicial da madeira de forma a permitir a redução do consumo de matéria-prima em uma empresa de artefatos de madeira da região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, não havendo ou sendo necessária uma análise mais aprofundada sobre os processos anteriores e nem posteriores.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente, na empresa estudada, o primeiro processo de beneficiamento da madeira, corta pequenos troncos de aproximadamente 800 milímetros de comprimento e é realizado com uma serra de 3,1 milímetros de espessura. A rotação aliada à espessura da serra, atrito, dentre outras variáveis, resulta em perda significativa de material e com isso reduz o aproveitamento da matéria-prima, apresentando grandes perdas no processo produtivo.

Reduzir o desperdício de matéria-prima é um fator essencial nos dias atuais, sendo que reduzir os custos associados aos mesmos pode ser fator decisivo para a empresa se manter no mercado.

Tendo em vista estas premissas, faz-se o seguinte questionamento: Seria possível desenvolver um método de corte mais adequado para redução de perdas de matéria-prima em uma indústria de artefatos de madeira?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver e dimensionar um equipamento de corte que seja capaz de reduzir as perdas de matéria-prima no corte da madeira em 20% quando comparado com o processo atual.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudar e compreender as características da matéria-prima utilizada para poder determinar o melhor método de corte.
- Realizar análise de mercado de métodos de corte para madeira para auxiliar na determinação do melhor sistema de corte para a aplicação em questão.

1.5 JUSTIFICATIVA

Diante da oportunidade de dimensionar um equipamento para atender uma necessidade específica de uma empresa e tendo como benefício pessoal pôr em prática os conhecimentos obtidos durante o curso de engenharia mecânica, nas diversas disciplinas relacionadas a projetos e dimensionamentos, e seguindo a metodologia de projeto de produto, busca-se sanar o problema de desperdícios gerados durante o corte da madeira.

Além da possibilidade de aliar a teoria à prática, este trabalho também possibilita um grande benefício ambiental, pois reduzindo-se o desperdício, reduz-se a geração de serragem que é proveniente do corte de madeira, e ainda, é possível evitar a derrubada de árvores nativas da região.

Reduzir o custo dos processos produtivos é de grande importância nos dias atuais, não só na indústria madeireira como em outros setores também. Aqueles que não aprimoram e não reduzem o custo de fabricação e conseqüentemente o custo de seus produtos acabam perdendo espaço, porém quando não existem, disponível no mercado, máquinas que atendam às necessidades de melhoria nos processos produtivos, ou as que estão disponíveis possuem um custo muito elevado, além de serem importadas, surge a necessidade de realizar projetos de máquinas específicas para determinado processo.

Tendo em vista essa oportunidade este trabalho busca atender a necessidade de redução de custo no processo produtivo de uma empresa fabricante de palitos dentais, dimensionando um equipamento que possa reduzir de forma impactante o consumo de matéria-prima.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta etapa do projeto aprofundam-se os conceitos sobre projeto de produto, afim de seguir uma metodologia que possibilita uma maior probabilidade de êxito com o produto projetado, assim como, estudam-se as propriedades da madeira utilizada e processos de corte, para que se possa conhecer suas características e definir os melhores métodos para realizar seu processamento e também análise de perdas, para entender onde está o problema e a partir desta informação seguir para o desenvolvimento da solução.

2.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O desenvolvimento de produtos nada mais é do que chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, utilizando um conjunto de atividades em busca de atender as necessidades do mercado. Para Amaral (2006), o desenvolvimento de produtos também envolve as atividades de acompanhar o produto após o lançamento, e assim realizar eventuais mudanças nas especificações, planejar a descontinuidade do produto no mercado e incorporar no processo de desenvolvimento as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto.

A competitividade das empresas está cada vez mais aliada ao desenvolvimento de produtos, conforme frisa Amaral (2006), a crescente internacionalização dos mercados, aumento da diversidade e variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos no mercado, novos produtos são demandados e desenvolvidos para atender a segmentos específicos do mercado, incorporar tecnologias diversas, se integrar a outros produtos e usos e se adequar a novos padrões e restrições legais.

Neste sentido, o mesmo autor, corrobora dizendo que o processo de desenvolvimento de produto (PDP), situa-se na interface entre a empresa e o mercado, cabendo a ele identificar as necessidades do mercado e propor soluções que atendam a tais necessidades, e ainda assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido, atendendo às restrições de custo e de qualidade na produção.

Para Baxter (2011), ao lançar um novo produto no mercado, deve-se estabelecer metas, verificar se o produto satisfaz aos objetivos propostos, se é aceito pelos clientes, e se o custo do projeto é aceitável, assim, considerando estes fatores,

é possível minimizar os riscos de fracasso do novo produto.

2.1.1 Características do PDP

O PDP tem diversas especificidades quando comparado com outros processos de negócio. Amaral (2006, p.6), cita como as principais características que diferem este processo:

- Elevado grau de incertezas e riscos das atividades e resultados;
- Decisões importantes devem ser tomadas no início do processo, quando as incertezas são ainda maiores;
- Dificuldade de mudar as decisões iniciais;
- As atividades básicas seguem um ciclo iterativo do tipo: Projetar- Construir- Testar- Otimizar.
- Manipulação e geração de alto volume de informações;
- As informações e atividades provêm de diversas fontes e áreas da empresa e da cadeia de suprimentos; e
- Multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, considerando todas as fases do ciclo de vida do produto e seus clientes.

Nas fases iniciais do PDP, são definidas as principais soluções construtivas e as especificações do produto, definindo os materiais e as tecnologias a serem utilizados, o processo de fabricação, a forma construtiva e outros. É nesta fase que se define a maior parte do custo do produto (AMARAL, 2006).

O mesmo autor, entretanto, cita que nesta fase se toma a maior parte das decisões que são significativas para a determinação do custo final do produto, é o momento que se tem o maior grau de incerteza sobre o produto e suas especificações. Com o tempo as incertezas vão diminuindo, de acordo com que as definições vão sendo tomadas. Mas o fato é que é necessário tomar decisões importantes quando ainda há muitas incertezas.

2.2 MÁQUINAS DE CORTE

Para realizar o corte da madeira se faz necessário o uso de ferramentas ou máquinas, neste tópico será possível conhecer mais sobre estas máquinas e os métodos utilizados para realizar o corte da madeira.

2.2.1 Corte na Madeira

Para Pauls (2007), existem alguns tipos de desbaste que podem ser feitos na madeira, como os que podem ser vistos no Quadro 1.

Quadro 1: Tipos de desbaste

Tipo de desbaste	Ângulos	Qualidade da superfície
Desbaste transversal (ao sentido das fibras, é necessária uma força maior)	O ângulo de ataque deve ser maior para aumentar o efeito de raspar	Baixa, melhor com uma pequena inclinação diagonal da ferramenta, para diminuir o efeito de rasgar das fibras
Desbaste longitudinal (paralelo ao sentido das fibras)	O Ângulo de ataque deve ser menor para aumentar o efeito de pré-clivagem, que propicia maior vida útil às facas	Boa, caso se use uma faca bem afiada
Desbaste de topo (é necessária uma força maior)	Ângulo de cunha e de corte menores, para aumentar o efeito de cortar	Baixa, para evitar rachaduras na madeira, fixar uma peça de madeira na saída da faca

Fonte: Adaptado de Pauls, (2007).

Na figura 1, é possível visualizar os principais tipos de desbaste, com os seus respectivos ângulos de corte e a qualidade de superfície obtida, onde estes devem ser analisados para diferentes necessidades de corte.

2.2.2 Geometria de Corte

Um conceito importante refere-se à geometria de corte, que para Pauls (2007), é um fator de grande relevância nos processos de corte de madeira, pois a geometria é o elemento que pode definir as melhores opções de produção, influenciando na segurança, a qualidade do corte e a produtividade de uma empresa.

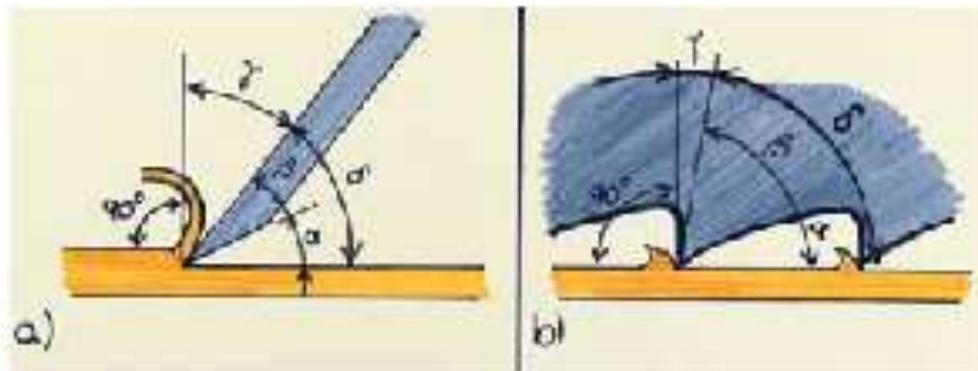
2.2.3 Ângulos de Corte

Para Pauls (2007), os ângulos de corte existentes entre a ferramenta e o material, são um dos principais fatores de uma ferramenta e são estabelecidos segundo critérios que determinam como a ferramenta de corte irá se comportar na

usinagem. Sendo que alterando os seus parâmetros afetam diretamente na produtividade e também na ineficiência do resultado a que se propõe a ferramenta de corte.

Na figura 1, pode-se verificar alguns exemplos de ângulos de corte comumente usados para o corte de madeira.

Figura 1: Principais ângulos de corte



Fonte: Pauls, 2007

Para Pauls (2007, p.18), são três os principais ângulos de corte, conforme seguem:

- O ângulo de cunha β (beta), este determina a forma da cunha e depende do material empregado na composição da faca;
- Os ângulos de ataque γ (gama) e de corte σ (sigma) caracterizam a posição da cunha em relação à peça usinada;
- O ângulo livre α (alfa) necessariamente deve ser superior a 0° para que não haja atrito entre a ferramenta e a peça usinada.

Ainda Pauls (2007), menciona que os ângulos denominados de efeito positivo são inferiores a 90° e já os superiores são os de efeito negativo, que neste caso raspam a madeira e não cortam.

2.2.4 Ferramentas de corte

As ferramentas de corte segundo Pauls (2007), devem sempre estar nas melhores condições para não comprometer a segurança e qualidade do produto. Pode-se realizar manutenções nas ferramentas desde que atendam as especificações do fabricante e quando não for possível estas devem ser substituídas por novas, menciona ainda que não se deve economizar na compra de boas ferramentas, pois

com isso será possível obter os melhores parâmetros de corte.

É de extrema importância ter o conhecimento do processo que irá utilizar para determinar qual a melhor ferramenta e com isso obter inclusive aumento da produtividade e eficiência do processo (PAULS, 2007).

No Quadro 2, podem ser vistas algumas das nomenclaturas usadas para as superfícies de uma faca/dente de corte, e também a função de cada uma delas, que são utilizados no corte da madeira.

Quadro 2: Nomenclatura das superfícies de uma faca/dente de corte

Nomenclatura	Função
Gume principal	Cortar os cavacos
Superfície do desbaste	Transportar os cavacos cortados na bolsa de cavacos, pois com o calor, acabam aderindo ao peito do dente/faca, impedindo o corte
Superfície livre (costas dos dentes)	Evitar queimaduras na peça através de atrito entre a peça e ferramenta
Superfície livre lateral	Evitar queimaduras na peça através de atrito entre a peça e ferramenta
Gumes laterais	Determinar a largura dos cavacos e as superfícies laterais de corte
Abertura do desbaste	Transportar os cavacos cortados

Fonte: Adaptado de Pauls, 2007.

No quadro 2 é possível visualizar a nomenclatura das principais superfícies de uma faca/dente de corte e a função de cada uma delas.

2.2.5 Tipos e Sentidos de Desbaste

São três os tipos de desbastes, o transversal, longitudinal e o de topo, este ainda menciona que as fibras da madeira vão crescendo no sentido do tronco, ou seja, longitudinal, no processo de corte, inicialmente deve-se verificar como as fibras estão dispostas, é de extrema importância esta análise, pois com isso pode se concluir o melhor processo e sentido do corte (PAULS, 2007).

Segundo o mesmo autor, a clivagem é um fenômeno existente no processo de corte nos sentidos longitudinal e de topo, não é um fator desejado no corte, pois ao iniciar este fator a madeira não obedece mais nenhum parâmetro.

2.2.6 Parâmetros de Corte

2.2.6.1 Velocidade de Corte (Vc)

A velocidade de corte determinada na equação 1, é velocidade na qual o gume da faca ou dente passa pela peça a ser cortada, conforme Pauls (2007), ainda é mencionado que esta depende principalmente de dois fatores, o diâmetro da ferramenta e da rotação do eixo onde ela está conectada.

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{60} \quad (1)$$

Onde:

Vc = velocidade de corte (m/s);

D= diâmetro da ferramenta (m);

n= frequência de rotação (rpm)

2.2.6.2 Velocidade de Avanço (Vf)

Segundo Pauls (2007), a velocidade de avanço exemplificada na equação 2, é a velocidade em que a peça passa pela ferramenta cortante.

$$V_f = \frac{D_u}{t} \quad (2)$$

Onde:

Vf = velocidade de avanço da peça (m/min);

Du = deslocamento de usinagem (m);

t = tempo necessário para executar o deslocamento de usinagem (min).

2.3 MADEIRA CANELA DE VEADO (*HELIETTA LONGIFOLIATA*)

Neste tópico serão apresentadas algumas características da madeira canela de veado, visto que esta madeira é utilizada como matéria-prima para a fabricação de palitos junto a empresa que está baseado este estudo.

A canela de veado ocorre no Brasil, desde o sudoeste do estado de São Paulo, até o Rio Grande do Sul, onde é frequentemente nas regiões fisiográficas do alto Uruguai e depressão central, com presença da espécie nas bacias dos rios Ijuí, Comandá e Santa Rosa e sua dispersão irregular e descontínua, com preferência por capoeirões situados em solos muito úmidos ou rochosos. Pode ser plantada em solos pobres e erodidos, e com pouca profundidade (MARCHIORI, 1985, p.336).

Esta madeira é muito utilizada para a fabricação de cabos ferramentas, lançadeiras, artigos de forno, implementos agrícolas, dormentes de estrada de ferro, moirões e carpintaria. Marchiori (1985), ainda complementa que pode ser usada como lenha ou na produção de carvão vegetal, tendo bom poder calorífico. Ainda sendo apropriada para a ornamentação de interiores claros e elaboração de placas e compensados de alto valor ornamental, porém tem facilidade de rachar durante a secagem.

2.3.1 Propriedades

Conhecer as propriedades da madeira objeto de estudo é de grande importância pois somente conhecendo estas propriedades será possível determinar o melhor processo de corte e assim atingir o máximo de redução de perdas de matéria-prima durante o processo.

Marquiori (1985), cita que a canela de veado é uma madeira de cor amarelada e lustrosa, sem gosto característico e odor, muito pesada, dura e resistente, com peso específico seco ao ar entre 0,90 e 0,95, textura fina e uniforme, grão irregular, facilidade de trabalhar dando acabamento liso, e baixa resistência ao apodrecimento.

3 METODOLOGIA

Nesta etapa do projeto serão estabelecidos os métodos e técnicas utilizados para o desenvolvimento do projeto.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS

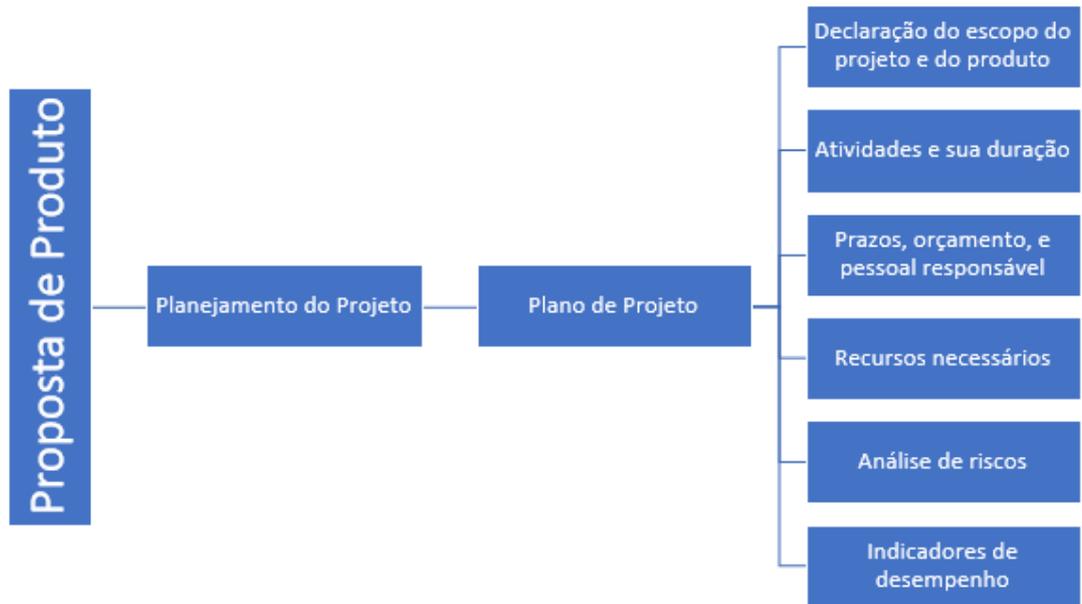
A elaboração deste projeto baseou-se na metodologia de projeto de produto de Amaral (2006) e Reis (2003), passando pelas fases de planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e por fim projeto detalhado, o qual traz todas as características construtivas e especificações do produto desenvolvido.

3.1.1 Planejamento do projeto

Nesta etapa do projeto, realiza-se o planejamento do projeto, com base no objetivo específico, é nesta fase que devem ser identificadas todas as atividades e recursos para que o projeto possa seguir em frente que tem por resultado final o Plano de Projeto de Produto, este que é um documento utilizados nas fases seguintes com todas as informações relevantes para se executar o projeto (AMARAL, 2006).

Na etapa de planejamento do projeto é definido o gerente de projeto e também são definidos os interessados no projeto, o escopo do produto e do projeto, atividades, cronograma, avaliação dos riscos, preparação do orçamento do projeto e pessoas responsáveis, indicadores de desempenho, conforme pode ser visto na figura 2 (AMARAL, 2006).

Figura 2: Planejamento do Projeto



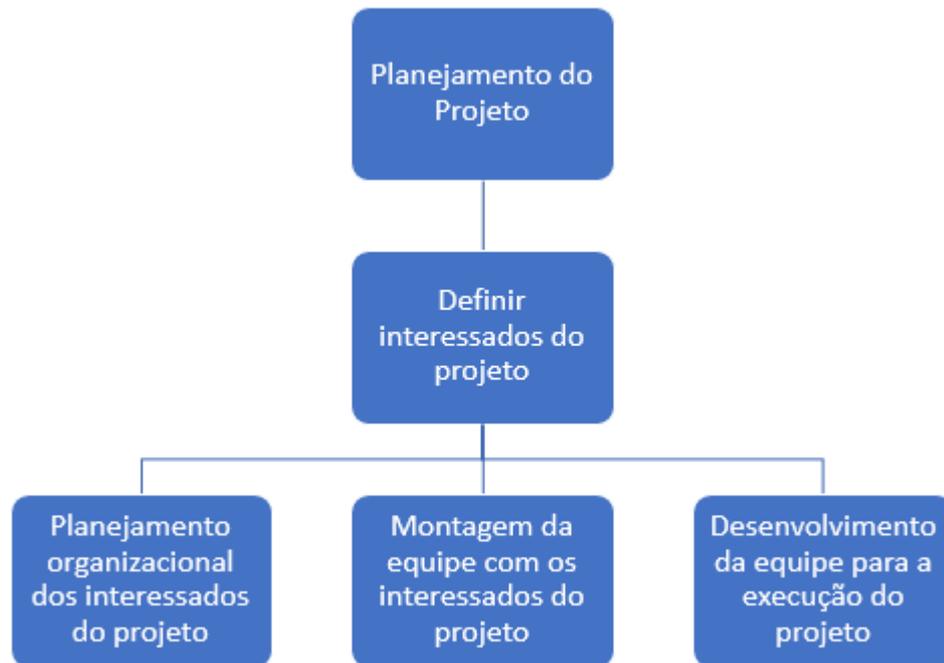
Fonte: Adaptado de Amaral, 2006

Na figura 2 é possível verificar todas as etapas do planejamento do projeto, que vai desde a declaração do escopo do projeto e do produto, até os indicadores de desempenho.

3.1.1.1 Interessados no Projeto

Nesta etapa são definidas as pessoas e as organizações que estão diretamente envolvidas e aquele que de alguma forma possam ser afetados pelo projeto, conforme figura 3, estes podem sofrer ou manifestar influência durante o planejamento, como na execução e até mesmo quando estiver concluído (AMARAL, 2006).

Figura 3: Definição dos interessados no projeto



Fonte: Adaptado de Amaral, 2006

Segundo Amaral (2006), para adquirir os resultados esperados, é na fase de planejamento que devem ser definidas as responsabilidades de cada um dos interessados no projeto.

3.1.1.2 Escopo do Projeto

Para Amaral (2006), neste momento do projeto através de reuniões do gerente do projeto com os especialistas das áreas, são definidas as diretrizes que o produto deverá atender, são firmadas as características e funções do produto, o documento do escopo do produto contém as especificações técnicas deste.

O mesmo autor segue dizendo que os resultados do documento serão, obter quais os requisitos básicos do produto, as funções que são esperadas do mesmo, estas informações devem ser concisas pois serão fornecidas aos clientes.

Após terem sido definidas as características do produto, parte-se para a especificação de como atingi-las que se dá pelo escopo do projeto, onde devem ser levadas em consideração todas as restrições do projeto, pessoas envolvidas e premissas. Neste momento também podem ser definidas as razões ou justificativas

que o projeto será realizado (AMARAL, 2006).

Na etapa seguinte, segundo Amaral (2006, p.163), é detalhado o escopo do projeto que tem por objetivo:

- Uma melhor precisão de estimativas de custos, tempos e recursos;
- A definição de padrões mais objetivos para medir e controlar o desempenho;
- Uma atribuição mais clara e precisa de responsabilidades.

3.1.1.3 Cronograma e orçamento

No cronograma o gerente do projeto irá definir a programação para cada atividade, contendo a data de início e de fim, para isso será feita uma estimativa com base nos recursos disponíveis, a informação de entrada para esta tarefa será a lista de atividades adquiridas anteriormente, o resultado final para esta atividade será o prazo para cada atividade (AMARAL, 2006).

Para Amaral (2006), o orçamento é uma importante atividade a ser executada com base na lista de atividades, cronograma e recursos disponíveis e resultará em uma base para a estimativa do preço do produto final que torna viável o projeto.

3.1.1.4 Análise dos Riscos

Na análise dos riscos deve ser feito o levantamento de todos os riscos existentes e classifica-los de acordo com sua probabilidade e impacto e assim eles resultarão na severidade, que será a base para identificar quais devem ser eliminados totalmente, quais devem ter ações que diminuam a sua probabilidade ou seu impacto (AMARAL, 2006).

3.1.1.5 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho são fatores usados para avaliar a execução do projeto, estes não apenas devem se preocupar em checar se as atividades foram executadas no período certo e com que resultado, mas também o valor de contribuição para o projeto (AMARAL, 2006).

Para Amaral (2006, p.198), os indicadores são utilizados principalmente para medir o tempo, custo e escopo, como:

- Tempo de desenvolvimento;
- Realização das atividades programadas, conforme o planejamento;
- Custo total do projeto;
- Custo real sobre o orçamento;
- Qualidade dos resultados em conformidade com as especificações.

3.1.2 Projeto informacional

Para Amaral (2006), nesta fase usa-se as informações da etapa de planejamento para formular o documento de especificações-meta do produto, essas informações suportam a identificação da solução e retornam como serão montados os critérios de avaliação e suportam na tomada de decisões durante o desenvolvimento.

No projeto informacional é revisado o escopo do produto, detalhado o ciclo de vida do produto e definido seus clientes, identificado os requisitos dos clientes do produto, definido os requisitos do produto, as especificações-meta do produto e monitorado a viabilidade econômico-financeira (AMARAL, 2006).

3.1.2.1 Detalhar Ciclo de Vida do Produto

Para Amaral (2006), deve-se definir o ciclo de vida do produto que é o produto ao longo do tempo, desenvolvimento, lançamento, crescimento, maturidade e o declínio.

No desenvolvimento, tem-se o planejamento, projeto e produção, que tem crescente investimento até o produto ser lançado, já no lançamento e crescimento, os lucros ainda são baixos ou negativos, devido aos custos de pesquisa e desenvolvimento, além dos custos de inserção no mercado, porém os lucros começam a aumentar no crescimento e chegam ao seu ápice na fase de maturidade, e reduzem novamente na etapa de declínio, que resultam no início do processo de obsolescência dos itens (AMARAL, 2006).

3.1.2.2 Identificar os Requisitos dos Clientes

Segundo Amaral (2006), nesta etapa devem ser levantadas as necessidades

dos clientes e podem ocorrer através de entrevistas, observação direta e grupos de foco, as necessidades identificadas devem ser agrupadas e classificadas.

3.1.2.3 Definir os Requisitos do Projeto

Nesta fase, para Amaral (2006), devem ser transformados os requisitos do cliente em requisitos mensuráveis, verificar as necessidades dos clientes e transforma-las em recursos necessários no produto e estes devem ser hierarquizados.

3.1.2.4 Hierarquizar Requisitos do Cliente e Produto

Na etapa de hierarquização se fará o uso dos dados obtidos nas fases anteriores, onde foram identificados a necessidade dos clientes e requisitos do projeto que serão classificados de acordo sua prioridade, Amaral (2006), para tal será utilizado as ferramentas, Diagrama de Mudge e QFD (*Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade*).

3.1.2.5 Definir Especificações-Meta do Produto

As especificações-meta do produto são parâmetros quantitativos que devem existir no produto, segundo Amaral (2006), também deve-se estabelecer valores-meta, qual o desempenho necessário, estas especificações serão usadas como base na montagem de critérios de avaliação.

3.1.3 Projeto conceitual

No projeto conceitual as informações adquiridas no projeto informacional relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto em questão. A busca delimita-se e procurar algo já existente no mercado, a criação não tem restrições e vai da criatividade, a representação pode ser esquemas, desenhos e croquis, e a seleção é feita com base nos requisitos já levantados (AMARAL, 2006).

3.1.3.1 Modelar Funcionalmente o Produto

Para Amaral (2006), tratando o problema de forma geral em um plano abstrato é uma maneira de abrir caminho na obtenção de melhores soluções, ignorar as particularidades e se deter no que é essencial elimina a possibilidade ocorrer preconceitos.

Ainda para Amaral (2006), as funções do produto devem atender as capacidades desejadas ou necessárias, assim o produto atenderá os seus objetivos e especificações.

3.1.3.2 Desenvolver Princípios de Solução para as Funções

Amaral (2006), menciona que nesta fase, se tem o início da passagem do abstrato ao concreto, busca-se princípios que transformados possam realizar as funções desejadas, neste momento ainda não se especificam os materiais a ser usados, apenas as características necessárias.

3.1.3.3 Desenvolver as Alternativas de Solução para o Produto

Com os princípios de solução desenvolvido, parte-se para combinação destes para proporcionar a solução adequada as necessidades e requisitos, uma ferramenta que suporta este ponto é a matriz morfológica, ela proporciona a possibilidade de se analisar algumas possíveis configurações (AMARAL 2006).

3.1.3.4 Selecionar a Concepção do Produto

A concepção do presente estudo se dará através do Método da Matriz de Decisão, onde serão estabelecidos os critérios de aceitação do produto com base nos requisitos necessários.

Para Amaral (2006), uma das opções de concepção é tomada como referência e as demais são comparadas a esta, podem ser usados os critérios como melhor, igual ou pior que a referência.

3.1.4 Projeto detalhado

Segundo Amaral (2006), no projeto detalhado, são finalizadas todas as especificações do produto para então seguir para a fabricação e essa fase está diretamente relacionada com a anterior do projeto conceitual, neste momento decide-se os itens comprados e os manufaturados.

Ainda Amaral (2006), menciona que nesta etapa deve criado todas modelos e desenhos dos itens que compõem o produto, contendo as especificações das tolerâncias permitidas e quais as configurações existentes.

Outro ponto a ser decidido neste tópico para Amaral (2006), é tomar a decisão de utilizar peças já existentes e se os itens serão comprados ou manufaturados, integrar os componentes e finalizar a estrutura do produto.

O presente trabalho terá o desenvolvimento do modelo através do software *CAD (Computer Aided Design) PTC Creo*.

3.1.4.1 Elaborar leiautes preliminares e desenhos de formas

Segundo Amaral (2006), muitos dos sistemas, subsistemas e componentes já são identificados na etapa do projeto conceitual, porém é nessa fase que os mesmos são criados de fato, com informações detalhadas.

Para Reis (2003), nesta fase existem várias tarefas, onde dentre elas podemos destacar:

- Identificação de requisitos determinantes;
- Produção de desenhos em escala;
- Identificação dos portadores de efeito físico determinantes;
- Desenvolver leiautes preliminares e desenhos de forma.

3.1.4.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma

Conforme descrito por Reis (2003) nesta etapa, devem-se ser realizados os cálculos dos parâmetros envolvidos, assim como observar as normas pertinentes ao domínio do produto e as normas gerais do projeto e produção.

A tarefa de configurar e finalizar a estrutura, para Amaral (2006), já vem acontecendo juntamente com o detalhamento do projeto, porém nesse momento deve

ser finalizada a estrutura, de cada sistema, subsistema e componente criado, e ainda buscar soluções já conhecidas como peças padronizadas ou de catálogos.

Outra tarefa é a de agregar no leiaute e nos desenhos de forma as soluções para as funções observando algumas regras básicas (clareza, simplicidade e segurança), e ainda as diretrizes de projeto demonstradas na obra de Pahl *et al.* (2005) como metodologia de anteprojeto.

3.1.4.3 Finalizar as verificações

As principais tarefas desta etapa citadas por Reis (2003) são;

- Aperfeiçoar e completar os desenhos de forma;
- Verificar erros e fatores de perturbação;
- Preparar lista de partes preliminares e documentos iniciais para a produção.

3.1.4.4 Revisar o projeto

Nesta etapa do projeto, se faz necessário realizar a verificação do projeto, afim de visualizar se este atende as especificações e as normas estabelecidas as quais o mesmo foi proposto durante a fase de projeto informacional, com o intuito de verificar se este atende as funções para que foi projetado.

3.1.5 Cálculo das perdas de matéria prima durante o corte

Para cálculo das perdas de matéria prima em forma de serragem, será utilizado o software SolidWorks, realizando-se simulações de cortes com a mesma espessura da serra utilizada em um cubo de 1 m³. O resultado destas simulações será a quantidade de madeira aproveitável para o processo, e a quantidade de serragem produzida.

3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

O presente projeto utilizará sistemas para execução do projeto, como: *SolidWorks* e *PTC Creo* para dimensionamento dos conceitos bem como na

concepção final do produto.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa do projeto, apresenta-se os resultados obtidos durante a pesquisa, apresentando toda a metodologia utilizada para se chegar ao projeto final.

4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

No planejamento, realiza-se toda a parte introdutória do projeto, de forma a organizar os dados para as próximas etapas do projeto.

4.1.1 Definir interessados do projeto

Os principais interessados neste projeto são os próprios acadêmicos com o intuito de conclusão de curso, juntamente com os seus orientadores e a própria instituição de ensino, da mesma forma o cliente também tem alto interesse no projeto para atender sua necessidade e além dos já citados também se tem os fornecedores que terão um interesse médio no projeto, os interessados também podem ser observados no quadro 3.

Quadro 3: Interessados no projeto

Importância	Parte interessada	Função no projeto	Principais responsabilidades	Poder na empresa	Interesse no projeto
25	Anderson Rafael Halmann	Equipe	Projetar e desenvolver	5-Muito Alto	5-Muito Alto
25	Eduardo Ludwig	Equipe	Projetar e desenvolver	5-Muito Alto	5-Muito Alto
16	Guilherme Beras	Gerente de Projeto	Orientador do projeto	4-Alto	4-Alto
16	Cristian Paluchowski	Cliente	Avaliação e orientação	4-Alto	4-Alto
16	Direção FAHOR	Cliente	Avaliação	4-Alto	4-Alto
16	Palitos Mauá	Cliente	Avaliação do produto	4-Alto	4-Alto
6	Açofer	Fornecedor	Fornecimento de material	2-Baixo	3-Médio
6	Ferpal	Fornecedor	Fornecimento de material	2-Baixo	3-Médio
6	SR Máquinas	Fornecedor	Fornecimento de material	2-Baixo	3-Médio
6	ADL Metalurgica	Fornecedor	Fornecimento de material	2-Baixo	3-Médio
6	Artefacto	Fornecedor	Fornecimento de material	2-Baixo	3-Médio

Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro 3 foram identificados todos os possíveis interessados no projeto, foram identificadas onze partes interessadas no projeto, sendo duas de alta, quatro

de média e cinco de baixa importância.

4.1.2 Declaração do escopo do projeto

Baseado nas necessidades levantadas junto ao cliente do projeto e demais partes interessadas se chegou ao seguinte escopo: “Criar um projeto que atenda às necessidades de corte da madeira de canela de veado, sendo no corte inicial quando esta vem disposta em formato de tora, reduzindo as perdas de material durante o processo de corte.”

4.1.4 Cronograma e orçamento

Com base nos recursos disponíveis e respeitando as datas estipuladas pela instituição de ensino para conclusão do projeto, foi elaborado o cronograma conforme pode ser visualizado no quadro 4.

Quadro 4: Cronograma

EAP	Atividade	Início	Fim	Responsável
1	Projeto			
1.1	Planejamento do Projeto			
1.1.1	Definir interessados no projeto	1-ago-17	8-ago-17	Acadêmicos
1.1.2	Declaração do escopo do projeto	8-ago-17	15-ago-17	Acadêmicos
1.1.3	Cronograma e orçamento	8-ago-17	15-ago-17	Acadêmicos
1.1.4	Análise de riscos	8-ago-17	15-ago-17	Acadêmicos
1.1.5	Indicadores de desempenho	8-ago-17	15-ago-17	Acadêmicos
1.2	Projeto Informacional			
1.2.1	Revisar e Atualizar o Escopo do Produto	15-ago-17	22-ago-17	Acadêmicos
1.2.2	Detalhar Ciclo de Vida do Produto e Definir seus Clientes	15-ago-17	22-ago-17	Acadêmicos
1.2.3	Identificar os Requisitos dos Clientes do Produto	15-ago-17	22-ago-17	Acadêmicos
1.2.4	Definir os Requisitos do Produto	15-ago-17	22-ago-17	Acadêmicos
1.2.5	Hierarquizar Requisitos do Cliente e Produto	15-ago-17	29-ago-17	Acadêmicos
1.2.6	Definir Especificações-Meta do Produto	22-ago-17	29-ago-17	Acadêmicos
1.3	Projeto Conceitual			
1.3.1	Modelar Funcionalmente o Produto	29-ago-17	5-set-17	Acadêmicos
1.3.2	Desenvolver Princípios de Solução para as Funções	29-ago-17	12-set-17	Acadêmicos
1.3.3	Desenvolver as Alternativas de Solução para o Produto	29-ago-17	12-set-17	Acadêmicos
1.3.4	Definir Arquitetura	5-set-17	19-set-17	Acadêmicos
1.3.5	Analisar Sistemas, Subsistemas e Componentes	12-set-17	26-set-17	Acadêmicos
1.3.6	Selecionar a Concepção do Produto	26-set-17	10-out-17	Acadêmicos
1.4	Projeto Detalhado			
1.4.1	Leiautes preliminares e desenhos de forma	10-out-17	24-out-17	Acadêmicos
1.4.2	Leiautes detalhados e desenhos de forma	17-out-17	24-out-17	Acadêmicos
1.4.3	Verificação de erros e fatores de perturbação	24-out-17	31-out-17	Acadêmicos
1.4.4	Revisão do projeto	24-out-17	31-out-17	Acadêmicos

Fonte: Elaborado pelos autores

O cronograma contém a programação completa para o desenvolvimento do projeto, onde neste pode ser visualizado a atividade, data de início, data fim e responsável.

Outra atividade dessa etapa é o orçamento para as necessidades como serviços e materiais entre outros, foi feito o levantamento dos possíveis gastos que se terá para o desenvolvimento do projeto, conforme quadro 5.

Quadro 5: Orçamento

Descrição	TOTAL	R\$ 1.879				
		Jul	Ago	Set	Out	Nov
Serviços	R\$ 750	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 750	R\$ -
Horas de Torno	R\$ 350				R\$ 350	
Horas de Solda	R\$ 150				R\$ 150	
Horas de Corte Laser	R\$ 250				R\$ 250	
Material	R\$ 3554	R\$ -	R\$ -	R\$ 3534	R\$ 20	R\$ -
Chapas de Aço				R\$ 300		
Serra Fita				R\$ 200		
Elementos de fixação				R\$ 200	R\$ 20	
Componentes Elétricos				R\$ 300		
Componentes Hidráulicos				R\$ 400		
Transmissão				R\$ 600		
Componentes de segurança				R\$ 1000		
Lâmina de Aço para corte em Madeira				R\$ 400		
Lâmina de Serra Circular				R\$ 134		
Outros	R\$ 3000	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 3000	R\$ -
Motor Elétrico					R\$ 3000	
Total (R\$)	R\$ 7304	R\$ -	R\$ -	R\$ 3534	R\$ 3770	R\$ -

Fonte: Elaborado pelos autores

O orçamento foi desenvolvido estimando os gastos necessários para execução do projeto, com isso foi estimado o custo de R\$ 7304,00 distribuídos desde compra de matéria-prima até componentes já desenvolvidos e que podem ser encontrados em fornecedores.

4.1.5 Análise de riscos

Com o objetivo de identificar, quantificar e evitar alguns riscos que podem acontecer durante o decorrer do projeto, foi realizada uma análise dos riscos, onde

foram descritas suas devidas ações, afim de minimizar ou eliminar a probabilidade de problemas durante o projeto. No quadro 6 segue a descrição os riscos encontrados.

Quadro 6: Identificação dos riscos

Severidade	Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Descrição do Impacto	Categoria	Ação	Descrição da ação	Responsável
16	As peças definidas podem ser caras ou não serem itens de prateleira	4-Alta	4-Alto	Aumento do custo do projeto	Gestão do projeto	Mitigar	Sempre que definir as peças, verificar se são itens de prateleira	Anderson Halmann
15	Se o projeto não atender as necessidades do cliente, ele não será fabricado	3-Média	5-Muito Alto	Descontentamento do cliente e não validação do projeto	Gestão do projeto	Mitigar	Seguir os requisitos do cliente durante a elaboração do projeto	Eduardo Ludwig
15	O produto pode não funcionar	3-Média	5-Muito Alto	Despendimento de orçamento e não validação do projeto	Técnico	Mitigar	Realizar simulações do projeto e se possível prototipagem	Anderson Halmann
10	Se o projeto não for concluído a tempo então ele será cancelado	2-Baixa	5-Muito Alto	Reprovação na matéria e não atendimento as expectativas do cliente	Gestão do projeto	Mitigar	Seguir o cronograma de atividades e criar plano de ação para concluir o projeto a tempo	Eduardo Ludwig
10	Perda dos arquivos eletrônicos do projeto	2-Baixa	5-Muito Alto	Perda do projeto	Técnico	Mitigar	Salvar todos os arquivos em uma pasta online	Eduardo Ludwig

Fonte: Elaborado pelos autores

Foram encontrados dois riscos médios e três riscos altos, onde estes serão trabalhados conforme a descrição das ações para se mitigar possíveis problemas durante o decorrer do projeto.

4.1.6 Indicadores de desempenho

Na fase de indicadores de desempenho são definidos requisitos que serão usados para medir os resultados do projeto, que estão listados no quadro 7.

Quadro 7: Indicadores de desempenho

Indicadores de desempenho		
Requisito	Valor meta	Forma de avaliação
Conclusão das atividades dentro do prazo	90%	Avaliação do cronograma
Redução das perdas de matéria-prima no processo de corte da madeira	Redução de 20%	Cálculo teórico

Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro 7 é possível visualizar os indicadores de desempenho utilizados no projeto, sendo definidos dois como os de maior importância, onde o principal é reduzir as perdas de matéria-prima no processo de corte da madeira, sendo este o objetivo principal do trabalho. E ainda o atendimento do cronograma, pois tão importante quanto atingir a meta de redução de perdas, é atingir o objetivo dentro do prazo estimado.

4.2 PROJETO INFORMACIONAL

A fase de projeto informacional visa a busca inicial de informações para que se possa ter base para a elaboração dos futuros conceitos.

4.2.1 Detalhar Ciclo de Vida do Produto

A primeira etapa do projeto informacional é detalhar o ciclo de vida do produto, que pode ser visualizado no quadro 8, neste é possível verificar os clientes de cada etapa que o produto irá percorrer.

Quadro 8: Ciclo de vida do produto

Fases do Ciclo de vida	CLIENTES		
	INTERNOS	INTERMEDIÁRIOS	EXTERNOS
PROJETO	Acadêmicos	Professor orientador	Palitos Mauá
TESTES	Acadêmicos		Palitos Mauá
PRODUÇÃO	Acadêmicos		
COMERCIALIZAÇÃO	Não aplicável		
UTILIZAÇÃO			Palitos Mauá
DESCARTE			Palitos Mauá/ Empresas especializadas em descarte de resíduos

Fonte: Elaborado pelos autores

Para a elaboração do quadro foram relacionadas as fases do ciclo de vida com os clientes, onde de acordo com a metodologia utilizada, o produto passa por seis fases. Para cada fase foram associados os respectivos clientes que foram divididos em três partes, sendo internos, intermediários e externos.

No ciclo de vida os clientes iniciais são, os próprios acadêmicos, o professor orientador e a empresa Palitos Mauá que estarão envolvidos no projeto, já na etapa de testes, os acadêmicos e a empresa Palitos Mauá serão os responsáveis, próximo é a produção que será executada pelos acadêmicos e o mesmo não vai ser comercializado visto que ele visa atender à necessidade exclusiva da empresa Palitos Mauá que vai fazer o uso o do produto e será responsável juntamente com empresas especializadas para dar o destino correto do equipamento em seu descarte.

4.2.2 Identificar as Necessidades dos Clientes

As necessidades dos clientes foram identificadas em conversas juntamente com o cliente, que expos as suas necessidades e destas foram identificados e transcritos no quadro 9, os denominados requisitos do cliente.

Quadro 9: Necessidades dos clientes

CLIENTES	REQUISITOS
PROJETO	Utilizar itens de prateleira sempre que possível
TESTES	Usar componentes de qualidade
PRODUÇÃO	Ser de fácil fabricação Permitir montagem simples
COMERCIALIZAÇÃO	Ter baixo custo de produção
UTILIZAÇÃO	Possuir proteções nas partes giratórias Possuir bom acabamento Possuir altura adequada de operação Ser útil para várias dimensões de madeira Evitar a danificação da madeira Ser de fácil manuseio Ser de fácil manutenção Possuir materiais de alta durabilidade Aumentar a produtividade Possuir baixo desperdício de matéria-prima Ter peças de reposição Garantir que a produtividade não reduza
DESCARTE	Possuir material reciclável

Fonte: Elaborado pelos autores

Para os requisitos do cliente foram identificados os principais pontos requeridos pelo cliente a serem atendidos no projeto, para que o mesmo tenha boa performance, seja seguro e ergonômico, entre outros fatores, que implicam diretamente nas atividades relacionadas ao produto junto a fábrica do cliente, no total foram estabelecidos dezoito requisitos a serem utilizados durante o projeto.

4.2.3 Definir os Requisitos do Projeto

Na fase de definição dos requisitos do projeto, são identificadas as formas de como as necessidades dos clientes serão atingidas, onde cada necessidade é analisada individualmente, foi utilizado o quadro sugerido para melhor adequar os requisitos do cliente, o mesmo pode ser visto no quadro 10.

Quadro 10: Requisitos do Projeto

Atributos Gerais	Básicos	Categoria	Requisito
		Funcionamento	Garantir o corte da madeira com qualidade Ferramentas de pequena espessura Ferramenta que permita o máximo aproveitamento da madeira
Atributos Gerais	Básicos	Ergonômico	Possuir regulagem de altura
		Econômico	Custo baixo dos componentes Não aumentar o número de processos de fabricação Projeto simplificado
		Segurança Legal	Evitar cantos vivos Atender às normas regulamentadoras
	Ciclo de vida	Fabricabilidade	Não necessitar dispositivos para soldagem
		Montabilidade	Não necessitar de ferramentas especiais Avaliar método de montagem através de modelo 3D Fixação das partes através de parafusos e rebites
		Usabilidade	Plataforma de corte deve permitir madeiras de grande e pequeno diâmetro Possuir painel de operação de fácil manuseio
Atributos específicos	Materiais	Geométricos	Atender limites dimensionais do local de instalação
		Material, Peso	Peças do corte da madeira devem possuir alta dureza Estrutura fabricada em aço carbono

Fonte: Elaborado pelos autores

Com os requisitos de clientes identificados, estes foram analisados e levantados dezoito requisitos de projeto que devem ser considerados no desenvolvimento do produto, onde este foram divididos em requisitos de funcionamento, ergonômico, econômico, segurança, legal, confiabilidade, fabricabilidade, montabilidade, usabilidade, geométricos, material e peso.

4.2.4 Hierarquizar Requisitos do Cliente e Produto

Nessa fase, foram hierarquizados os requisitos de acordo com o seu grau de importância, na figura 4, pode ser visualizado o Diagrama de Mudge, que compara as necessidades do cliente entre elas, gerando uma pontuação para cada uma das necessidades, onde foram identificados o quão mais importante um requisito é comparado a outro, este pode ser muito mais importante, medianamente ou pouco mais importante.

Figura 4: Diagrama de Mudge

DIAGRAMA DE MUDGE
Número de Requisitos

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Soma	%	VC	
1	1C	1B	1B	5A	6B	1A	8A	9A	10B	11C	12C	13C	14C	15A	16C	17A	1B	15	4%	3	
	2	2C	2C	5B	6B	2A	8B	9A	10B	2C	2C	2C	2C	15A	2C	17B	2B	15	4%	3	
		3	4C	5B	6C	3C	8B	9B	10C	11C	12C	13C	3C	15B	16C	17B	3B	5	1%	2	
			4	5A	6B	4C	8B	9A	10B	11C	4C	13C	4C	15A	4C	17B	4C	6	2%	2	
				5	6C	5B	8C	9C	5C	5C	5C	5B	5B	15B	5C	17C	5B	32	9%	6	
					6	6A	6C	9C	6C	6B	6B	6C	6B	15C	6C	17C	6B	32	9%	6	
						7	8B	9B	10C	11C	12C	13B	7C	15A	16B	17A	7B	4	1%	1	
							8	9C	10C	11C	8B	8C	8B	15C	8B	8C	8A	34	9%	7	
								9	9B	9C	9B	9C	9A	15C	19B	9C	9A	46	12%	9	
									10	10B	10B	10C	10B	15C	10B	17C	10A	30	8%	5	
										11	11B	11B	11B	15B	11C	17C	11B	18	5%	4	
											12	13B	14C	15A	12C	17B	12B	7	2%	2	
												13	13B	15B	16C	17A	18C	12	3%	3	
													14	15A	16C	14C	14C	4	1%	1	
														15	15A	15A	15A	62	17%	10	
															16	17B	16B	10	3%	2	
																17	17A	39	10%	8	
																	18	1	0%	1	
																		Total	372	100%	

A =	5	Muito mais importante
B =	3	Medianamente mais importante
C =	1	Pouco mais importante

Fonte: Elaborado pelos autores

No Quadro 11, podem ser visualizados os resultados obtidos do Diagrama de Mudge, que são requisitos do cliente classificados de acordo com a sua importância.

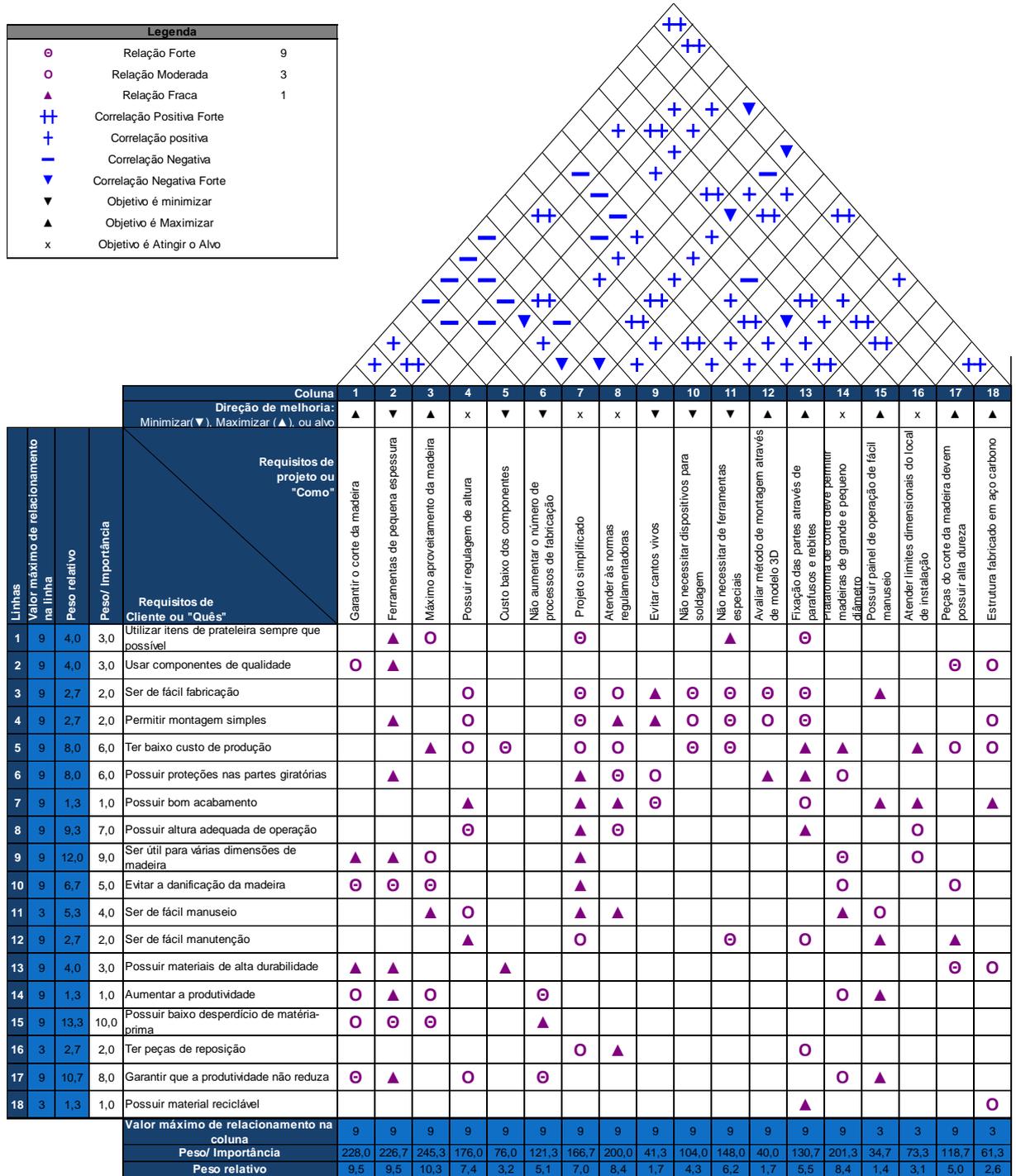
Quadro 11: Classificação do Diagrama de Mudge

CLASSIFICAÇÃO POR IMPORTÂNCIA		
Nº	Requisito	Pontuação
15	Possuir baixo desperdício de matéria-prima	62
9	Ser útil para várias dimensões de madeira	46
17	Manter a produtividade (não diminuir)	39
8	Possuir altura adequada de operação	34
5	Ter baixo custo de produção	32
6	Possuir proteções nas partes giratórias	32
10	Evitar a danificação da madeira	30
11	Ser de fácil manuseio	18
1	Utilizar itens de prateleira sempre que possível	15
2	Usar componentes de qualidade	15
13	Possuir materiais de alta durabilidade	12
16	Ter peças de reposição	10
12	Ser de fácil manutenção	7
4	Permitir montagem simples	6
3	Ser de fácil fabricação	5
7	Possuir bom acabamento	4
14	Aumentar a produtividade	4
18	Possuir material reciclável	1

Fonte: Elaborado pelos autores

A classificação está disposta de forma decrescente, onde o requisito mais importante está no topo e o menos importante é o último da parte inferior, os valores obtidos serão usados como base de dados para avaliação feita na Matriz da qualidade também conhecida como QFD, figura 5, onde é refinado a hierarquização dos requisitos de projeto.

Figura 5 : QFD (Casa da Qualidade)



Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados obtidos no QFD é a classificação dos requisitos do projeto, que com isso se tem maior confiabilidade que os principais pontos identificados pelo QFD serão atendidos no projeto, na matriz foram comparados cada um dos requisitos do cliente com cada um dos requisitos do projeto e também os requisitos do projeto entre

si.

4.2.5 Definir Especificações-Meta do Produto

A última etapa do projeto informacional, utiliza os resultados obtidos nas fases anteriores para classificar os requisitos que deverão ser atendidos para contemplar todas as necessidades dos clientes, onde para cada uma das especificações recebe uma meta para mensurar o atendimento dos requerimentos, no quadro 12 está especificado o terço superior que foram definidos como sendo os principais a serem mensurados para atender as necessidades do cliente, na sequência podem ser visualizados no os terços médio e inferior, quadros 13 e 14 respectivamente.

Quadro 12: Terço Superior

	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1	Máximo aproveitamento da madeira	62% da madeira precisa ser aproveitável	Cálculo teórico do aproveitamento da madeira	Incrementar o desperdício comparado ao atual
2	Garantir o corte da madeira	Máximo de 10% de perdas em lascas não aproveitáveis	Avaliação da quantidade de lascas não aproveitáveis	Incrementar o desperdício comparado ao atual
3	Ferramentas de pequena espessura	< 3,5 mm	Análise das especificações dos componentes	Ferramentas especiais e incremento de custo
4	Plataforma de corte deve permitir madeiras de grande e pequeno diâmetro	De 10 à 50 cm	Análise do projeto	Equipamento de grande dimensão
5	Atender às normas regulamentadoras	100%	NR12	Incremento de custo e dificultar a operação
6	Possuir regulagem de altura	10 cm	Avaliação do deslocamento vertical	Incremento de custo

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 13: Terço Médio

	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
7	Projeto simplificado	60% de itens de prateleira	Avaliação de catálogos de peças	Redução da durabilidade
8	Não necessitar de ferramentas especiais	0	Avaliação do ferramental necessário	Dificuldade de utilização do equipamento
9	Fixação das partes através de parafusos e rebites	60% das uniões	Avaliação do projeto	Incremento de custo e dificuldade de realizar manutenção
10	Não aumentar o número de processos de fabricação	0	Avaliação do projeto	Reduzir a produtividade
11	Peças do corte da madeira devem possuir alta dureza	56-64 HRC	Avaliação das especificações dos componentes	Desgaste prematuro
12	Não necessitar dispositivos para soldagem	0	Avaliação do processo de fabricação do equipamento	Afetar a qualidade do produto e incremento de custo

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 14: Terço Inferior

	Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
13	Custo baixo dos componentes	Custo total < R\$ 10000,00	Avaliação do custo dos itens	Incremento de custo
14	Atender limites dimensionais do local de instalação	3m X 2m X 1,8m	Avaliação das dimensões do equipamento	Alterar layout da empresa
15	Estrutura fabricado em aço carbono	100%	Avaliação do projeto e análise das especificações dos componentes	Incremento de custo
16	Evitar cantos vivos	0	Avaliação do projeto	Afetar a simplicidade do projeto
17	Avaliar método de montagem através de modelo 3D	100%	Avaliação do processo de montagem	Dificuldade de montagem
18	Possuir painel de operação de fácil manuseio	≤ 6 comandos	Avaliação do projeto	Dificultar usabilidade do produto

Fonte: Elaborado pelos autores

Dentre os requisitos de projeto evidenciados nos quadros acima, destacam-se os requisitos do terço superior, pois estes através da utilização das ferramentas Mudge e QFD, foram avaliados como os que atendem de melhor forma os requisitos dos clientes, e serão utilizados de maneira a auxiliar no desenvolvimento do projeto na etapa posterior que se trata do projeto conceitual. Ainda vale ressaltar que o terço médio e inferior serão avaliados, porém com um grau de importância menor que o terço superior.

4.3 PROJETO CONCEITUAL

Nesta etapa do projeto busca-se definir e desenvolver soluções conceituais para dar ao produto uma forma que atenda aos requisitos mencionadas na etapa anterior, este processo de desenvolvimento de conceitos pode ser visualizado nas etapas que seguem a seguir.

4.3.1 Modelar Funcionalmente o Produto

Buscando uma melhor compreensão das funções básicas do equipamento, desenvolveu-se a função global do sistema, para que desta forma seja possível demonstrar de maneira simplificada qual será a função do produto. A figura 6 demonstra essa definição.

Figura 6: Função Global do sistema

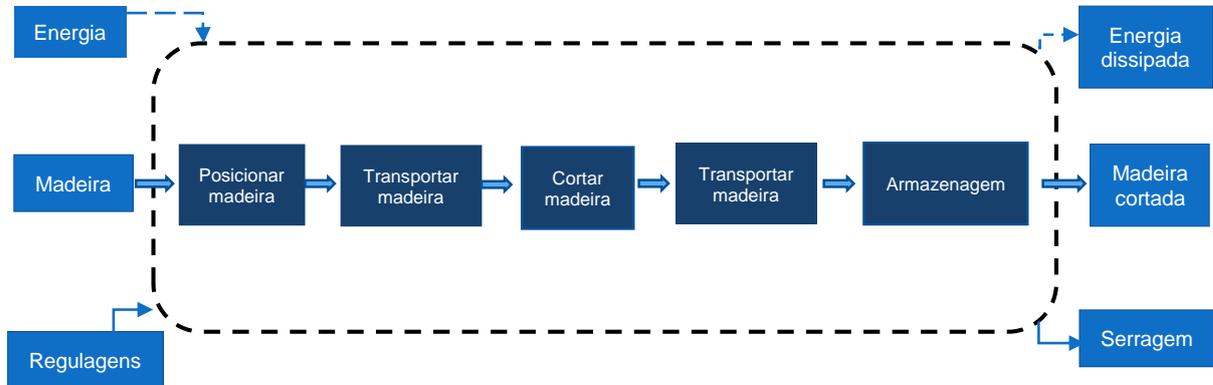


Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 6 é possível observar a função global do sistema, bem como as entradas e saídas do sistema.

A partir da função global, realizou-se o desdobramento da mesma, onde desta forma já é possível visualizar funções mais específicas, que se tornam base para a elaboração dos conceitos. Na figura 7, é possível visualizar a estrutura funcional simplificada.

Figura 7: Estrutura funcional simplificada

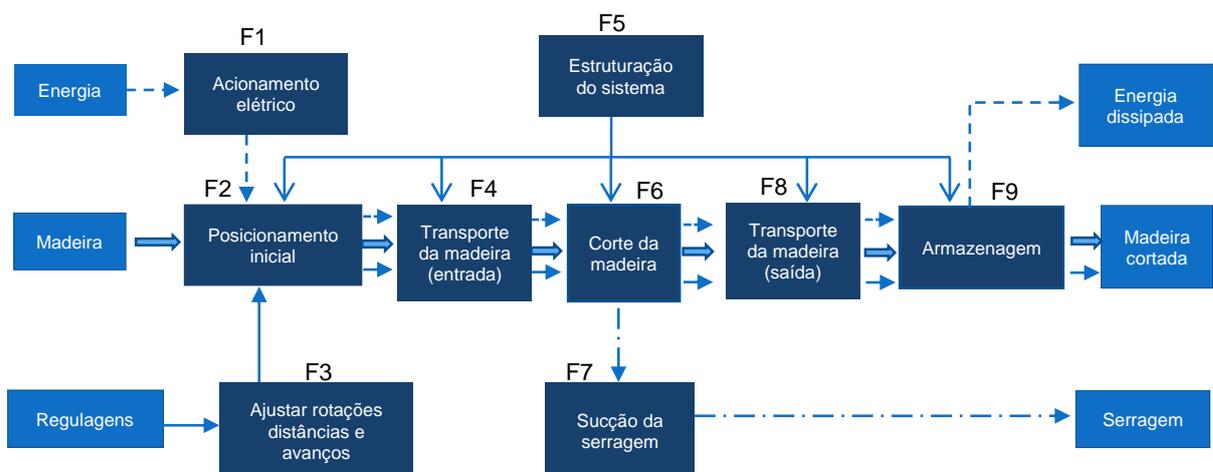


Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 7 é possível visualizar a abertura da função global em outras cinco funções, que se tratam do processo que a madeira passará para que se obtenha o produto final desejado.

Para se chegar a concepção futura, foi desenvolvido a estrutura funcional, que se apresenta de maneira em que cada função é relacionada com as demais, seguindo a ordem de execução, onde as entradas se relacionam com as funções, bem como com as saídas do sistema. Esta estrutura funcional é definida pela figura 8.

Figura 8: Estrutura funcional



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 8, é possível visualizar a distribuição das nove funções no sistema, bem como o fluxograma, iniciando pelas entradas, ligando-se com as funções do sistema e finalizando nas saídas.

No quadro 15, podemos visualizar as funções básicas do produto, com suas descrições, entradas e saídas.

Quadro 15: Descrição das funções

Função	Descrição	Entradas	Saídas
F1- Acionamento elétrico	Alimentar os sistemas com energia elétrica	Energia elétrica	Sinais de comando
F2- Posicionamento inicial	Posicionar a madeira para o corte	Suportes e madeira	Madeira posicionada
F3- Ajuste de rotações, distâncias e avanços	Controlar as rotações, os espaçamentos e os avanços para corte da madeira	Energia elétrica e mecânica	Sistema regulado
F4- Transporte da madeira (entrada)	Transportar a madeira para o corte	Energia mecânica e cinética	Madeira transportada
F5- Estruturação do sistema	Prover estrutura para os sistemas	Estrutura, carenagens e suportes	Sistemas estruturados
F6- Corte da madeira	Realizar o corte da madeira	Energia mecânica	Madeira cortada
F7- Sucção da serragem	Realizar a retirada da serragem gerada no processo de corte	Energia mecânica	Serragem succionada e armazenada
F8- Transporte da madeira (saída)	Transportar a madeira após o corte	Energia mecânica e cinética	Madeira transportada
F9 - Armazenagem	Alocar madeira para o processo subsequente	Energia cinética	Madeira alocada

Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro 15, estão dispostas as nove funções do sistema, ao lado sua descrição da função que irá ter no produto, assim como as entradas e saídas.

4.3.2 Desenvolver Princípios de Solução para as Funções

Nesta etapa do projeto, passamos a dar forma ao projeto, onde para cada uma

das funções citadas anteriormente, foram definidas três ou quatro formas que melhor definem a função, onde cada uma possui características diferenciadas, afim de permitir a criação de conceitos com características particulares para cada um.

Seguindo a metodologia adotada, no quadro 16, podemos visualizar a matriz morfológica com as formas para cada função.

Quadro 16: Matriz Morfológica

Funções Elementares	Matriz Morfológica			
	1	2	3	4
F1- Acionamento elétrico				
F2- Posicionamento inicial				
F3- Ajuste de rotações, distâncias e avanços				
F4- Transporte da madeira (entrada)				
F5- Estruturação do sistema				
F6- Corte da madeira				
F7- Sucção da serragem				
F8- Transporte da madeira (saída)				
F9 - Armazenagem				

Fonte: Elaborado pelos autores

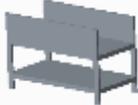
No quadro 16, podemos verificar de forma visual, cada uma das formas

propostas para as funções do sistema, onde desta forma facilita o entendimento e posterior seleção das formas que melhor atendem as funções citadas.

4.3.3 Desenvolver as Alternativas de Solução para o Produto

Buscando atender os requisitos de cliente e projeto, dentre as alternativas demonstradas na matriz morfológica, foram elaboradas quatro combinações de conceitos, que podem ser visualizadas no quadro 17.

Quadro 17: Combinação dos princípios de solução

Funções Elementares	Combinação dos Princípios de Solução			
	1	2	3	4
F1- Acionamento elétrico				
F2- Posicionamento inicial				
F3- Ajuste de rotações, distâncias e avanços				
F4- Transporte da madeira (entrada)				
F5- Estruturação do sistema				
F6- Corte da madeira				
F7- Sucção da serragem				
F8- Transporte da madeira (saída)				
F9 - Armazenagem				

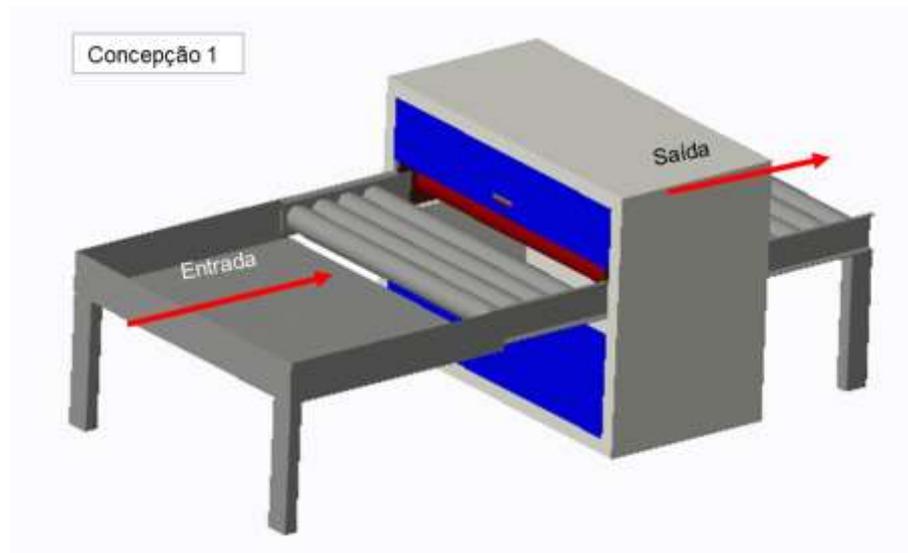
Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro 17, podemos visualizar a combinação dos conceitos, e suas respectivas nove funções, cada coluna representa um conceito, onde que para a definição de cada conceito foram avaliados os requisitos de projeto, levando em consideração todos os requisitos, porém, dando mais importância para os requisitos do primeiro terço.

A partir das combinações demonstradas no quadro 17, foram elaborados quatro conceitos, sendo estes que possuem a maior probabilidade de serem

escolhidos para a concepção final.

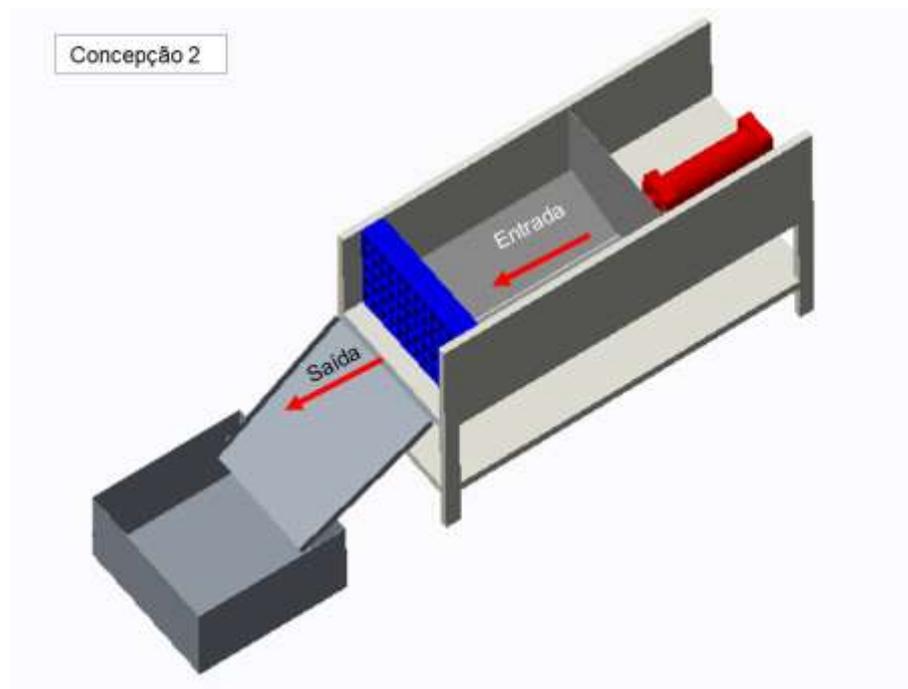
Figura 9: Concepção 1



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 9, é possível verificar o conceito de um laminador de madeira, onde seu conceito consiste em um tronco de madeira girando em contato com uma lâmina, tendo como resultado a retirada de folhas de madeira.

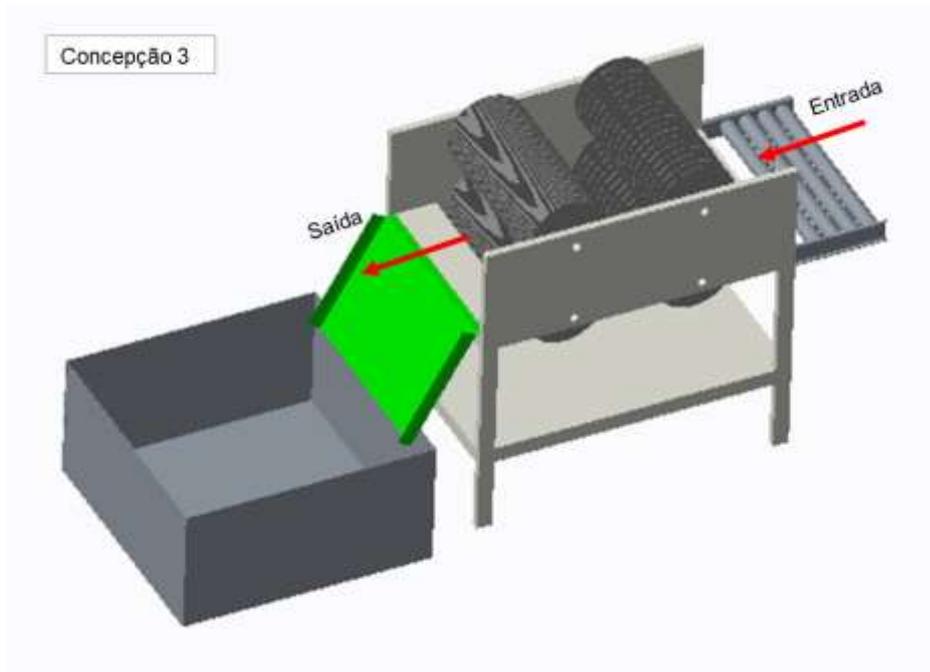
Figura 10: Concepção 2



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 10, pode-se observar o conceito de um lascador de madeira, onde este utiliza para seu funcionamento um sistema hidráulico e um perfil com o formato desejado da madeira, onde o cilindro hidráulico pressiona a madeira contra o perfil, obtendo a madeira cortada.

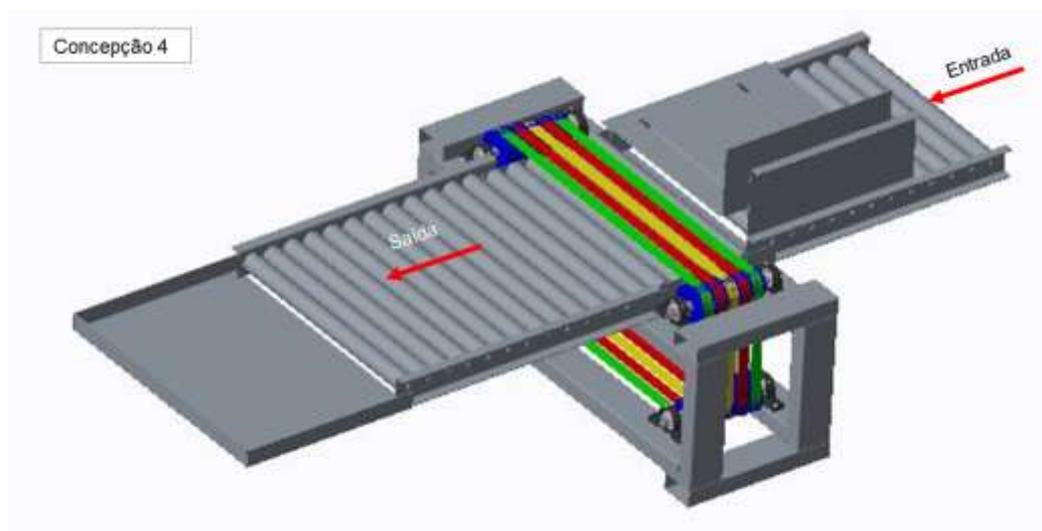
Figura 11: Conceção 3



Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 11, é possível visualizar o conceito de uma serra circular com múltiplas serras, onde o primeiro conjunto de serras objetiva o corte de lascas maiores, e o segundo conjunto corta a madeira na dimensão final.

Figura 12: Conceção 4



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 12 demonstra o conceito de uma máquina de corte por serra fita, onde esta realiza o corte da madeira através de cinco serras fitas com diferentes alturas entre si.

4.3.4 Selecionar a Concepção do Produto

Visto que as quatro concepções anteriores possuem características para atender a concepção final, seguindo a metodologia, realizou-se a elaboração da matriz de decisão, que pode ser visualizada no quadro 18.

Quadro 18: Matriz de decisão

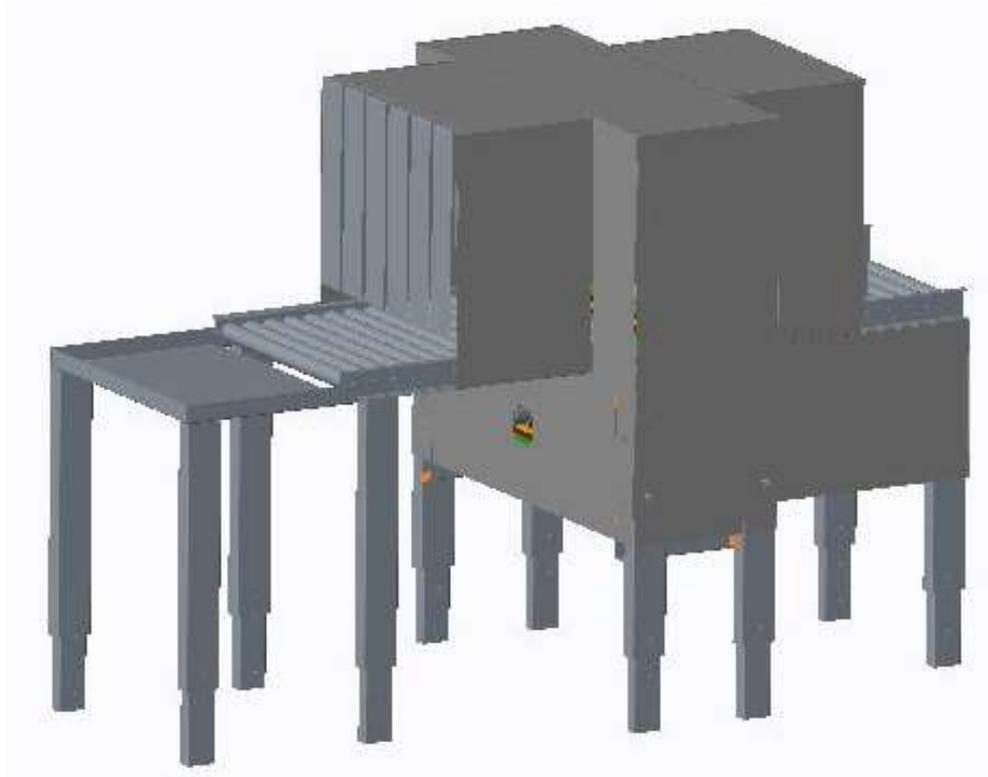
Requisitos do cliente	VC	Concepções							
		1		2		3		4	
Utilizar itens de prateleira sempre que possível	3	0	0	0	0	1	3	0	0
Usar componentes de qualidade	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Ser de fácil fabricação	2	-1	-2	0	0	0	0	-1	-2
Permitir montagem simples	2	-1	-2	1	2	0	0	1	2
Ter baixo custo de produção	6	-1	-6	-1	-6	-1	-6	0	0
Possuir proteções nas partes giratórias	6	1	6	1	6	0	0	1	6
Possuir bom acabamento	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Possuir altura adequada de operação	7	0	0	1	7	1	7	1	7
Ser útil para várias dimensões de madeira	9	-1	-9	1	9	0	0	1	9
Evitar a danificação da madeira	5	0	0	-1	-5	0	0	0	0
Ser de fácil manuseio	4	0	0	1	4	1	4	1	4
Ser de fácil manutenção	2	-1	-2	0	0	-1	-2	-1	-2
Possuir materiais de alta durabilidade	3	1	3	1	3	1	3	0	0
Aumentar a produtividade	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Possuir baixo desperdício de matéria-prima	10	0	0	1	10	0	0	1	10
Ter peças de reposição	2	0	0	1	2	1	2	1	2
Manter a produtividade (não diminuir)	8	-1	-8	1	8	1	8	1	8
Possuir material reciclável	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Peso da Concepção		-15		45		25		50	

Fonte: Elaborado pelos autores

Na matriz de decisão, utilizou-se os requisitos de cliente, juntamente com o seu valor do cliente (VC), onde cada concepção foi avaliada com os valores de 1, se atende o requisito, 0 se é neutro, e -1, se não atende, sempre tendo como base para a avaliação o processo de corte atual. Desta forma, pode-se verificar que a concepção 4, foi a que ficou com a melhor avaliação, assim sendo definida como a concepção que melhor atende os requisitos de cliente.

Através dos passos seguidos da metodologia adotada, tem-se a definição da concepção final do projeto, onde seu esboço pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13: Esboço da concepção final do projeto



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme pode ser visualizado na figura 13, a concepção final ficou definida como a serra fita, que utiliza para o corte da madeira cinco serras equidistantes uma da outra.

Na sequência segue a descrição de cada uma das funções utilizadas na elaboração do esboço.

Acionamento elétrico: o acionamento do sistema será realizado por sistemas elétricos, onde este será composto por botões de partida, parada e parada de emergência, utilizando para isso contadores que farão o acionamento do motor elétrico. Na figura 14, é possível visualizar este sistema.

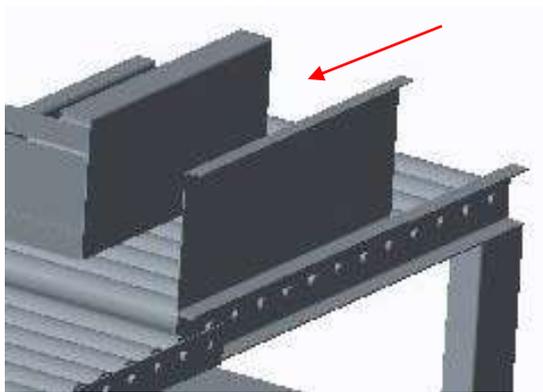
Figura 14: Acionamento elétrico



Fonte: Elaborado pelos autores

Posicionamento inicial: o posicionamento inicial da madeira será realizado utilizando-se de rolos móveis, e batentes para melhor posicionar a madeira e garantir o alinhamento da mesma. Na figura 15, é possível visualizar o sistema de posicionamento.

Figura 15: Posicionamento inicial



Fonte: Elaborado pelos autores

Ajuste de rotações, distâncias e avanços: os ajustes do sistema serão realizados através de polias e correias, onde haverá uma polia motora acoplada ao motor elétrico, e uma polia movida ligada a um dos eixos da serra, este que fará o acionamento do sistema de corte. Os demais ajustes serão realizados através de parafusos e batentes. A figura 16 demonstra o sistema de ajustes.

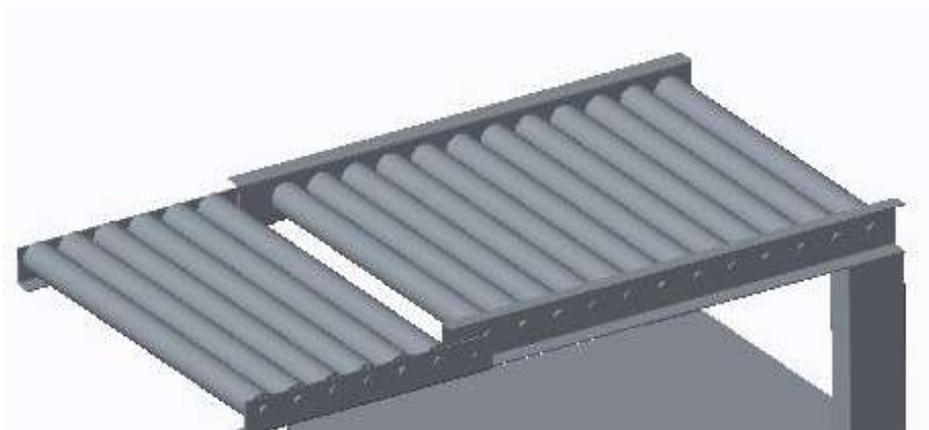
Figura 16: Ajuste de rotações, distâncias e avanços



Fonte: Elaborado pelos autores

Transporte da madeira (entrada): o transporte de entrada para o corte da madeira será realizado por rolos móveis, onde o operador terá de empurrar a madeira manualmente para realizar o corte. Na figura 17 é possível visualizar o sistema de transporte da madeira.

Figura 17: Transporte da madeira (entrada)



Fonte: Elaborado pelos autores

Estruturação do sistema: a estruturação do sistema contará com uma estrutura tubular de tubos quadrados, unidos através do processo de soldagem, assim proporcionando uma estrutura simples e de alta resistência mecânica. Na figura 18, é possível visualizar a estrutura do sistema.

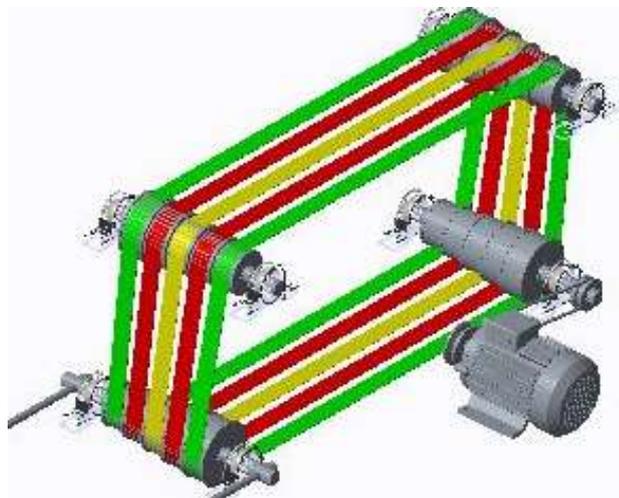
Figura 18: Estruturação do sistema



Fonte: Elaborado pelos autores

Corte da madeira: o corte da madeira contará com um sistema de corte de serras fitas, onde estas estarão dispostas sobre polias com diferentes diâmetros para realizar a separação de uma da outra e permitir o corte da madeira na espessura desejada. Este é o ponto principal do projeto, visto que o principal requisito de cliente é a redução do desperdício de matéria-prima. A figura 19 demonstra o sistema de corte da madeira escolhido.

Figura 19: Corte da madeira



Fonte: Elaborado pelos autores

Sucção da serragem: a sucção da serragem será realizada por uma estrutura que necessita recolher a serragem e possuir uma conexão para a tubulação de sucção, visto que a instalação atual da empresa já possui exaustor e dutos para a sucção. Na figura 20 é possível visualizar o sistema de sucção selecionado.

Figura 20: Sucção da serragem



Fonte: Elaborado pelos autores

Transporte da madeira (saída): assim como na entrada da madeira, a saída será composta por rolos móveis, afim de reduzir o esforço do operador. A figura 21 demonstra o transporte de saída da madeira selecionado.

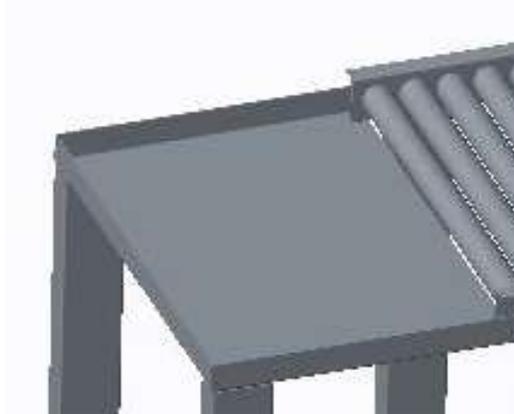
Figura 21: Transporte da madeira (saída)



Fonte: Elaborado pelos autores

Armazenagem: a armazenagem da madeira cortada se dará através de uma caixa, onde a madeira ficará aguardando até o operador encaminhar a mesma para o processo subsequente. Na figura 22 é possível visualizar o sistema de armazenagem da madeira.

Figura 22: Armazenagem



Fonte: Elaborado pelos autores

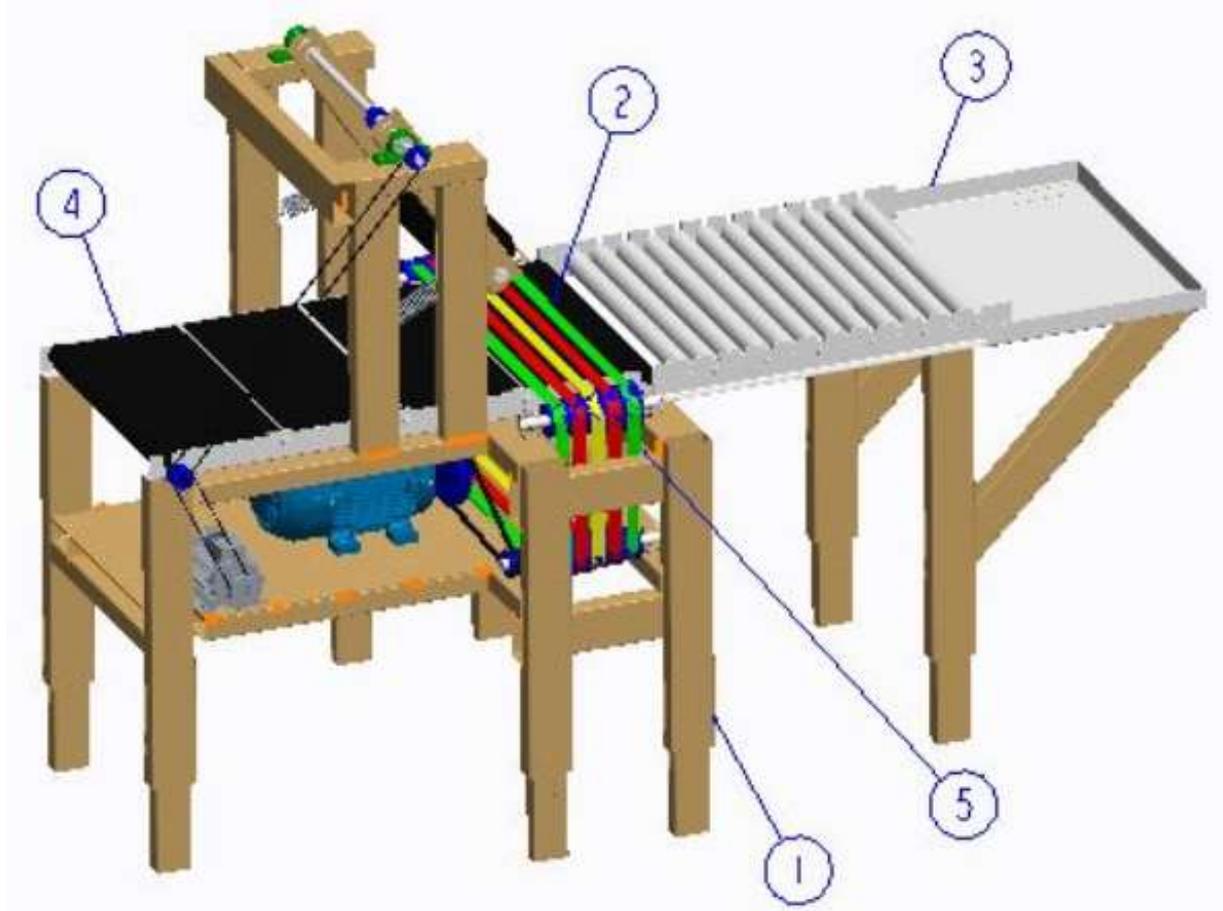
4.4 PROJETO DETALHADO

Nesta fase do projeto, a partir do esboço definido na fase anterior, realiza-se a definição dos materiais, das formas e das dimensões do modelo. Para isso, se torna necessário a utilização de ferramentas CAD para modelamento destas.

4.4.1 Leiautes preliminares e desenhos de forma

Com a concepção definida, parte-se para a identificação dos portadores de efeito físico, onde é identificado os principais componentes que desempenharão funções no equipamento. A figura 23 apresenta o leiaute preliminar do equipamento e os portadores de efeito físico.

Figura 23: Leiaute preliminar e portadores de efeito físico



Nº do item	Descrição
1	Estrutura
2	Sistema de corte
3	Sistema de saída
4	Sistema de entrada
5	Sucção da serragem

Fonte: Elaborado pelos autores

Na figura 23, é possível visualizar o leiaute preliminar, juntamente com os componentes principais, abaixo segue a descrição de cada conjunto juntamente com alguns parâmetros de cada.

4.4.1.1 Estrutura

A estrutura é responsável por prover estrutura aos demais subsistemas,

necessitando resistir aos esforços de tensionamento das serras, torque gerado pelo motor, e suportar o peso dos componentes, bem como da madeira que será suportada sobre ele. Este será fabricado em uma estrutura de aço 1020, composta por tubos retangulares de 100 x 50 mm com parede de espessura 2 mm. Estes serão unidos pelo processo de soldagem, pois este processo proporciona um baixo custo de fabricação e maior rigidez do sistema.

4.4.1.2 Sistema de corte

O sistema de corte será responsável por cortar as toras de madeira em tiras de 3 mm, para isto, utilizará 5 serras fitas possuindo 0,9 mm de espessura, 27 mm de largura, 15,9 mm de passo dos dentes e um ângulo de ataque de 12°.

Para acionamento do sistema será utilizado um motor elétrico de 25 hp, com 1770 rpm. A transmissão de rotação e potência do motor para as serras será realizado através de correia e polias.

As serras estarão apoiadas sobre volantes fabricados em aço 1020, este com diferentes diâmetros, permitindo assim o corte da madeira em pequenas tiras. Estes volantes serão montados em um eixo fixado a mancais com rolamentos. Desta forma permitindo uma rotação aos volantes e atingindo uma velocidade de corte aproximada de 44 m/s para o maior diâmetro, e 30 m/s para o menor diâmetro.

4.4.1.3 Sistema de saída

O sistema de saída será composto por uma estrutura em aço, onde sobre esta serão montados os roletes, estes que nada mais são que rolos de aço com rolamentos, com o objetivo de facilitar o manuseio da madeira e reduzir os esforços do operador. Logo após os roletes, fica a bandeja de armazenagem da madeira cortada, esta que permanecerá no local até um colaborador da empresa encaminhar para o processo subsequente.

4.4.1.4 Sistema de entrada

Para a entrada do sistema de corte, será utilizado um sistema de esteira transportadora de borracha, acionada por um motor elétrico que transfere sua

potência através de polias e correias. Sob esta esteira, há rolos metálicas que fornecem resistência mecânica ao conjunto. Esta esteira será responsável por realizar a passagem da madeira pelo sistema de corte. Como meio auxiliar à esteira transportadora, haverá um rolo, também acionado pelo mesmo motor, que realizará uma pressão e tracionamento sobre a madeira para que esta entre de forma contínua, alinhada, e que não ocorra a patinação da madeira sobre a correia.

A alimentação e posicionamento da madeira sobre esta esteira deverá ser realizada pelo operador de forma manual.

4.4.1.5 Sucção da serragem

O sistema de sucção da serragem, será responsável por retirar a serragem gerada no processo de corte. Este sistema será composto por um depósito, onde neste será conectado uma tubulação de sucção já existente na empresa, esta que realizará o transporte da serragem até o local de armazenagem da mesma localizada na área externa da empresa.

A serragem gerada no processo de corte cairá sobre a esteira transportadora e será conduzida até o depósito.

4.4.2 Leiautes detalhados e desenhos de forma

Nesta parte do projeto, parte-se para um maior detalhamento dos itens utilizados, utilizando-se para o dimensionamento do sistema, cálculos, ferramentas *CAD* e *softwares* de fabricantes de equipamentos.

4.4.2.1 Dimensionamento do sistema

Para dimensionamento do sistema foram realizados cálculos e simulações de forma a dimensionar os principais componentes de conjunto. Como primeiro passo foram determinadas as rotações do sistema de corte conforme segue abaixo.

n_1 = Rotação do eixo motor (rpm)

n_2 = Rotação do eixo movido (rpm)

d_1 = Diâmetro da polia motora (mm)

d_2 = Diâmetro da polia movida (mm)

$$n_2 = \frac{(n_1 \times d_1)}{d_2}$$

n_1 = 1770 rpm

d_1 = 240 mm

d_2 = 50 mm

$$n_2 = 8496 \text{ rpm}$$

Conforme indicado por Santini (2000), em uma máquina de serra fita, as velocidades de corte devem ser de até 50 m/s para madeiras macias, entre 40 e 46 m/s para madeiras duras e de 30 a 35 m/s para madeiras extremamente duras. Como a madeira de estudo é uma madeira dura, adotou-se como parâmetro a velocidade de corte de 40 à 46 m/s. Abaixo segue o cálculo das velocidades de corte.

V_c = Velocidade de corte (m/s)

D_v = Diâmetro dos volantes (m)

R = Número de revoluções por minuto do volante motor (rpm)

$$V_c = \frac{\pi \times D_v \times R}{60}$$

D_{v1} = 103,4 mm

D_{v2} = 95,4 mm

D_{v3} = 84,4 mm

D_{v4} = 79,4 mm

D_{v5} = 71,4 mm

$$V_{c1} = 46 \frac{m}{s}$$

$$V_{c2} = 42 \frac{m}{s}$$

$$V_{c3} = 37 \frac{m}{s}$$

$$V_{c4} = 35 \frac{m}{s}$$

$$V_{c5} = 32 \frac{m}{s}$$

Conforme pode ser visualizado nos cálculos, como os volantes de diferentes diâmetros estão montados todos sobre um mesmo eixo com mesma rotação, não foi

possível atingir a velocidade de corte recomendada para todas as serras, porém, como a menor velocidade encontrada está dentro do parâmetro para madeiras muito duras, com isso não se terá problemas, apenas uma redução na velocidade de avanço.

Para o dimensionamento da transmissão de potência do motor elétrico para o eixo do volante de corte, utilizou-se uma ferramenta oferecida pela empresa Gates. O relatório do dimensionamento pode ser visualizado no Anexo A. Abaixo segue a descrição dos itens selecionados.

- Correia: Super HC 3VX 1X4/3 VX560
- Polia motora: QD4/3V 14.00
- Polia movida: QD4/3V 3.00

Para a simulação das cargas aplicadas na estrutura, utilizou-se o *software PTC Creo* e o *software MD Solids* para validar o material e as dimensões utilizadas, onde para o aço 1020, o limite de escoamento é de 350 Mpa, estas simulações podem ser visualizadas nos Apêndices A e B.

4.4.3 Verificação de erros e fatores de perturbação

Através da lista de verificação proposta por Reis (2003), foi realizado a verificação dos fatores de erros e perturbação, conforme pode ser visto no quadro 19.

Quadro 19: Verificação de erros e fatores de perturbação

Título	Questão	Resposta
Função	A função estipulada é cumprida?	Sim
Princípio de solução	Os princípios de solução escolhidos produzem as vantagens e os efeitos desejados?	Sim
Leiaute	A escolha do leiaute geral, das formas dos componentes, material e dimensões produzem: durabilidade adequada (resistência), deformação permissível (rigidez) estabilidade adequada, ausência de ressonância, espaço para expansão, desgaste e corrosão compatíveis com a vida útil e as cargas estipuladas?	Sim
Segurança	Foram considerados todos os fatores afetando a segurança dos componentes, da função, da operação e do ambiente?	Sim
Ergonomia	Foram consideradas as relações homem máquina?	Sim
	Prestou-se atenção à estética?	Sim
Produção	Houve uma análise econômica e tecnológica dos processos de produção?	Sim
Controle de qualidade	As verificações necessárias podem ser aplicadas durante e após a produção ou a qualquer outro momento?	Sim
	Elas foram especificadas?	Sim
Operação	Foram considerados todos os fatores de operação como ruídos, vibração e manuseio?	Sim
Manutenção	A manutenção, a inspeção e a revisão podem ser realizadas e verificadas?	Sim
Custos	Foram observados os limites de custos?	Sim
Cronograma	As datas de entrega poderão ser cumpridas?	Sim

Fonte: Adaptado de Reis, (2003)

Com a lista de verificação de erros e fatores de perturbação realizada sem que se encontrasse nenhum desvio, parte-se para a especificação de todas as partes do equipamento. Os quadros 20 e 21 demonstram todos os itens que compõe o equipamento.

Quadro 20: Lista dos componentes manufaturados

Componentes Manufaturados			
Descrição	Especificação	Dimensões	Qtd.
Tubo Retangular	SAE 1020 100x50x2mm	6000	4
Tubo Retangular	SAE 1020 80x40x2mm	6000	1
Base motor	Aço SAE 1020	755x620x4,75	1
Acomodação	Aço SAE 1020	810x550x3	1
Lateral Roletes	Aço SAE 1020	820x105x3	2
Rolete de saída	Barra de aço SAE 1020	665x50	12
Barra de tração	Barra de aço SAE 1020	527x20	1
Barra suporte da Tração	Barra de aço SAE 1020	707x20	1
Lateral rolete de entrada	Aço SAE 1020	1180x85x3	2
Rolete Entrada	Barra de aço SAE 1020	640x50	4
Rolete emborrachado Tração	SAE 1020 com revestimento emborrachado	300x150	1
Rolete emborrachado entrada	SAE 1020 com revestimento emborrachado	730x50	1
Sucção serragem	Aço SAE 1020	2000x3000	1
Polia serra fita	Barra de aço SAE 1020	205x107	4
Eixo serra fita	Barra de aço SAE 1020	370x25,4	1
Eixo serra fita fixo	Barra de aço SAE 1020	325x25,4	3
Tensionamento	Barra roscada 1020	M12x200	2

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 21: Lista dos componentes comprados

Componentes Comprados			
Descrição	Especificação	Marca	Qtd.
Rolamento	W 61804 R-2Z	SKF	8
Polia	40-3M	-	5
Motor Elétrico	W22 IR2 0.5CV Trifásico 220/380V	WEG	1
Correia de acionamento tração	Super HC - 3VX – 440	Gates	1
Mancal Tração	SNL 505 1205K	SKF	2
Correia intermediaria tração	Super HC - 3VX – 845	Gates	1
Correia acionamento transporte	Super HC - 3VX – 322	Gates	1
Mola tração	SPEC32001016	Spec	2
Correia de transporte	PN 3000	Mercúrio	1
Serra Fita	Razor Tip - 0,9 x 27 x 15,9 mm 12°	Wood-Mizer	5
Mancal Serra Fita	SE 507-606 1306K	SKF	4
Motor Elétrico	W22 IR2 25CV Trifásico 220/380/440V 1770 RPM	WEG	1
Polia Motora Serra fita	QD4/3V 14.00	Gates	1
Polia Movida serra fita	QDV/3V 3.0	Gates	1
Correia Serra Fita	Super HC - 3VX – 345	Gates	1
Parafuso Sextavado	ISO 4018 - M12x30	-	30
Porca Sextavada	ISO 7417 - M12	-	30
Parafuso Sextavado	ISO 4018 - M16x45	-	10
Porca Sextavada	ISO 7417 - M12	-	10

Fonte: Elaborado pelos autores

4.4.4 Revisão do projeto

Nesta etapa do projeto, verifica-se se o projeto atendeu às especificações listadas na fase do projeto informacional. Esta lista é de grande importância, pois nela verifica-se o quanto que o projeto atendeu as especificações das quais o mesmo foi proposto. No quadro 22 é possível visualizar a lista de verificações.

Quadro 22: Lista de Verificação

	Requisito	Valor meta	Valor	Atende
1	Máximo aproveitamento da madeira	62% da madeira precisa ser aproveitável	77% da madeira é aproveitável	Sim
2	Garantir o corte da madeira	Máximo de 10% de perdas em lascas não aproveitáveis	0% de lascas não aproveitáveis	Sim
3	Ferramentas de pequena espessura	< 3,5 mm	0,9 mm	Sim
4	Plataforma de corte deve permitir madeiras de grande e pequeno diâmetro	De 10 à 50 cm	De 10 à 50 cm	Sim
5	Atender às normas regulamentadoras	100%	100%	Sim
6	Possuir regulagem de altura	10 cm	20 cm	Sim
7	Projeto simplificado	60% de itens de prateleira	73 % de itens de prateleira	Sim
8	Não necessitar de ferramentas especiais	0	0	Sim
9	Fixação das partes através de parafusos e rebites	60% das uniões	60% das uniões	Sim
10	Não aumentar o número de processos de fabricação	0	0	Sim
11	Peças do corte da madeira devem possuir alta dureza	56-64 HRC	60 HRC	Sim
12	Não necessitar dispositivos para soldagem	0	0	Sim
13	Custo baixo dos componentes	Custo total < R\$ 10000,00	Custo de R\$ 9200,00	Sim
14	Atender limites dimensionais do local de instalação	3m X 2m X 1,8m	2,4m x 1,15m x 1,8m	Sim
15	Estrutura fabricado em aço carbono	100%	100%	Sim
16	Evitar cantos vivos	0	0	Sim
17	Avaliar método de montagem através de modelo 3D	100%	100%	Sim
18	Possuir painel de operação de fácil manuseio	≤ 6 comandos	6 comandos	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores

4.5 CÁLCULO DAS PERDAS DE MATÉRIA PRIMA DURANTE O CORTE

Para cálculo das perdas do processo foi utilizado o software *SolidWorks*, onde neste foram traçados todos os cortes necessários para a obtenção da tira de madeira utilizada no processo de fabricação dos palitos. Para este cálculo foi utilizado como base um cubo de madeira de 1 m³.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

- Volume do cubo de madeira antes do primeiro corte: 1 m³;
- Volume de serragem de madeira gerado no primeiro processo de corte: 0,129 m³;
- Volume de serragem de madeira gerado no segundo processo de corte: 0,455 m³;

Desta forma fica evidenciado uma perda de 13% no primeiro processo de corte, 46% no segundo processo de corte, totalizando uma perda total de madeira em forma de serragem de 58%.

Para o novo conceito, foi realizado os cálculos utilizando-se da mesma metodologia, e como este conceito atende aos dois processos de corte da fábrica, não haverá segundo processo.

Os resultados podem ser visualizados a seguir.

- Volume de serragem de madeira em forma de serragem gerado no corte: 0,230 m³.

Com os resultados demonstrados acima, é possível determinar que o processo com o novo conceito possui um desperdício de 23%, sendo assim possível afirmar que há um aproveitamento de 77% da madeira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho, foi a definição do projeto detalhado de uma máquina de corte de madeira que permitisse a redução das perdas de matéria-prima no processo de corte da madeira para fabricação de palitos de dente, podendo ter suas dimensões, processo de corte drasticamente alteradas.

Assim, foram atribuídas diversas hipóteses de modo de corte da madeira, variando desde processos que permitiam o corte da madeira, desfolhamento e até mesmo o lascamento da madeira. Os modos de entrada e saída da madeira da máquina também tiveram muitas mudanças se comparado com o processo atual, este método de entrada e saída foi pensado sempre objetivando as reduções de esforços do operador. Desta forma o sistema definido como o que pode proporcionar a maior redução de desperdício de matéria-prima foi o sistema de corte por serra fita, pois este processo permite a utilização de serras de pequena espessura.

A metodologia adotada permitiu que fossem alcançados os objetivos esperados, pois seguindo-se todas as etapas da metodologia de projeto de produto, eliminou-se a possibilidade da escolha de conceitos através da preferência pessoal, e assim atingindo-se o resultado mais adequado às expectativas do cliente.

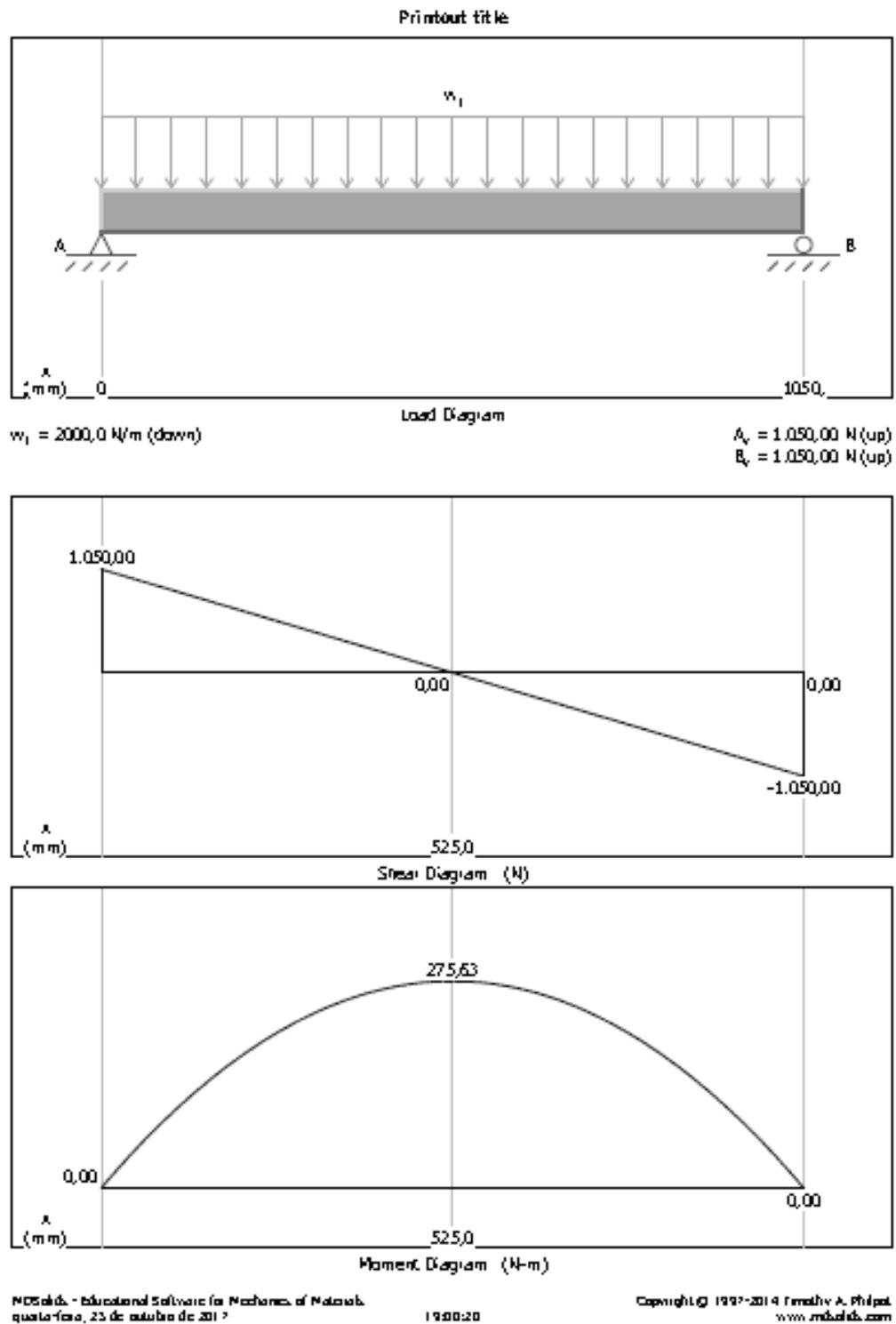
No entanto, os resultados encontrados foram considerados satisfatórios, pois no processo atual de corte da madeira, há um desperdício de aproximadamente 58% de madeira em forma de serragem, e com o novo conceito definido há um desperdício de madeira em forma de serragem de apenas 23% em forma de serragem, assim reduzindo-se o desperdício em 35%, porém, vale ressaltar que estes resultados foram obtidos através de cálculos teóricos, uma vez que não foi realizado a fabricação do equipamento.

Desta forma, conclui-se que este trabalho nos proporcionou um grande aprimoramento na área de projeto de produto bem como um entendimento sobre processos de corte de madeira, demonstrando a quão ampla se torna a área de aplicação da engenharia mecânica.

REFERÊNCIAS

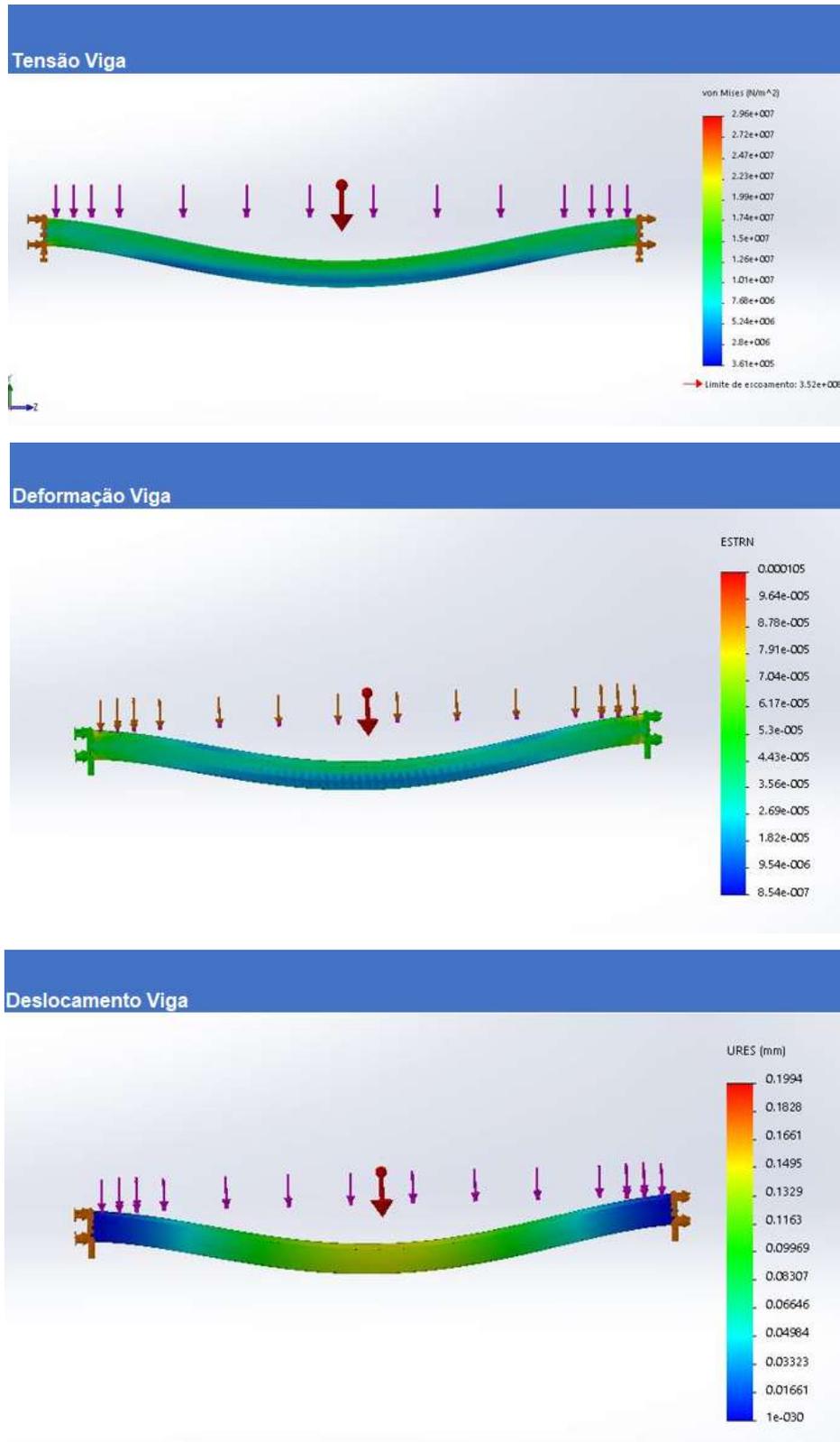
- AMARAL, D. C. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Uma Referência Para a Melhoria de Processo. Editora Saraiva, São Paulo, 2006.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto**. Guia prático para design de novos produtos. 3ª edição, São Paulo: Blucher, 2011.
- MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia descritiva da madeira Canela de Veado, Helietta Longifoliata Britton, Rutaceae**, Rev. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 1985.
- MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. São Paulo: Érica, 2000. 342p
- MICHELS, E. **Projeto detalhado de uma máquina de elevação e transporte**. Trabalho final de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012.
- PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. Tradução de Hans Andreas Werner; Revisão Nazem Nascimento. - São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- PALUCHOWSKI, C.D. **Desenvolvimento do projeto conceitual de um tanque graneleiro para colheitadeiras 1470 John Deere**. Trabalho final de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012
- PAULS, Manfred. **Ferramentas para máquinas de usinagem de madeira**. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007.
- REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Florianópolis. 2003. Tese – PPGEM – UFSC, 2003.
- SANTINI, A. **Estudo do processo e dos parâmetros de corte no serrado da madeira por serra fita**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

APÊNDICE A — SIMULAÇÃO DAS CARGAS APLICADAS AO SISTEMA ATRAVÉS DO SOFTWARE MD SOLIDS



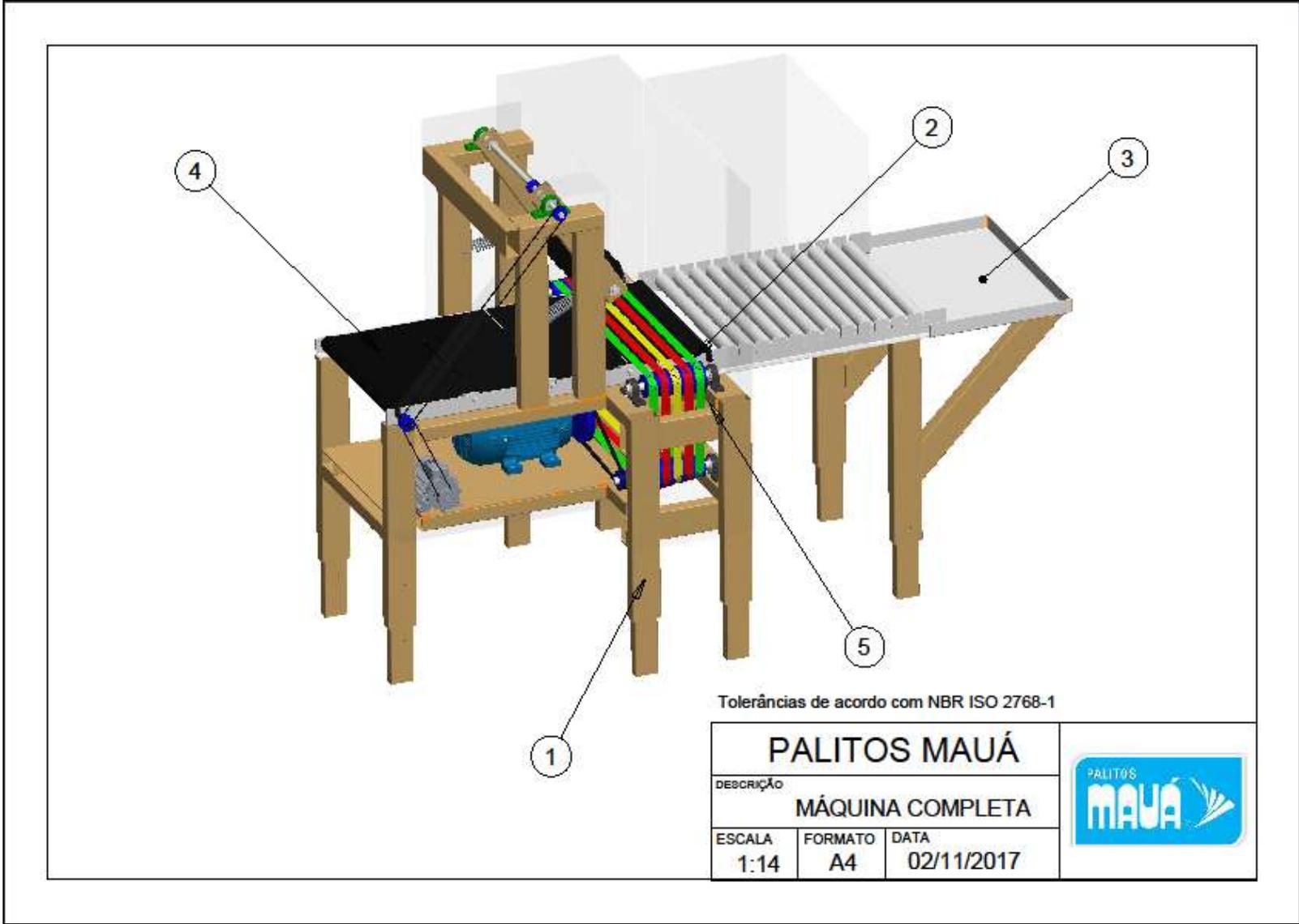
Fonte: MD Solids

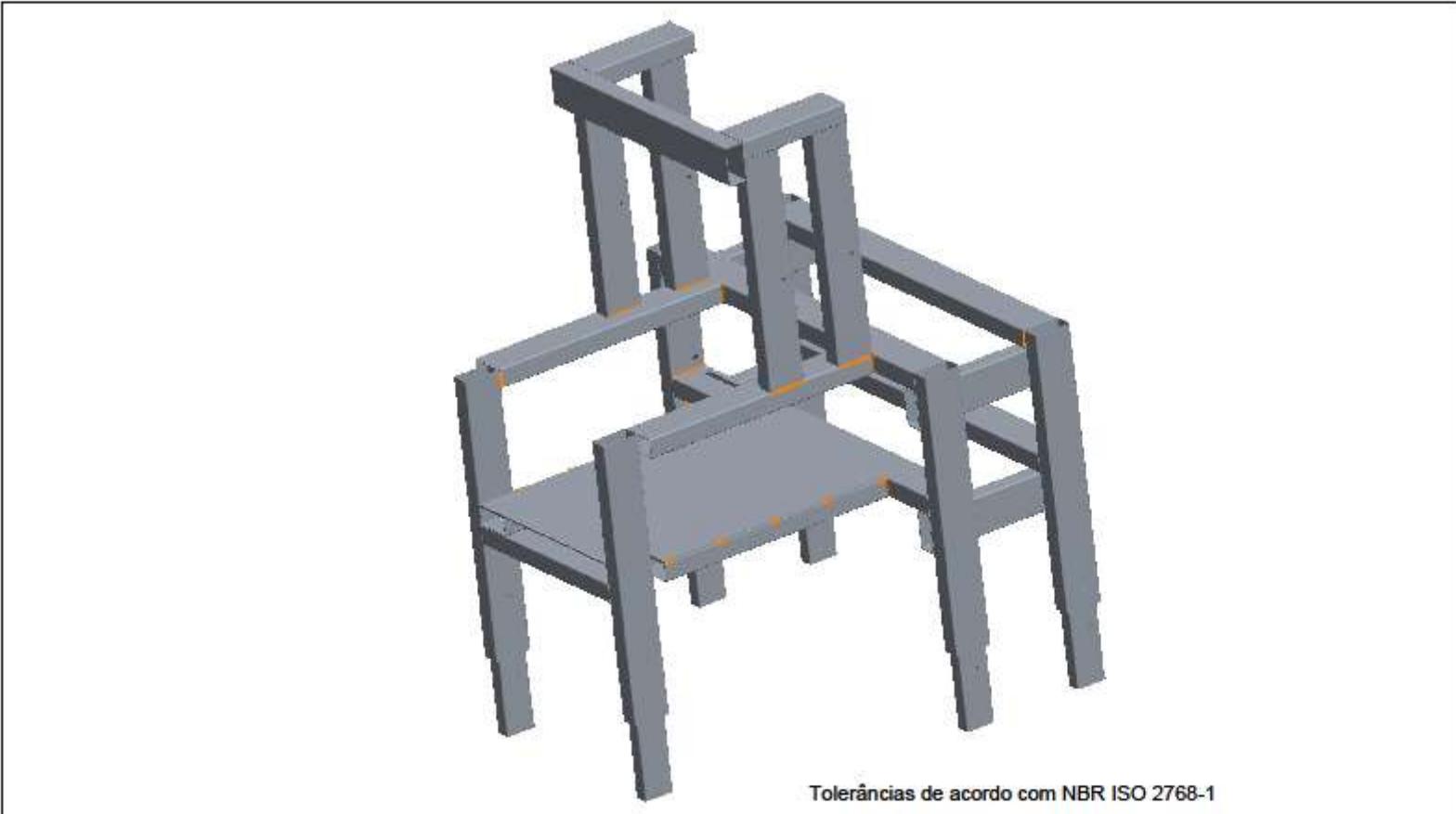
APÊNDICE B — ANÁLISE DAS TENSÕES ATUANTES ATRAVÉS DO SOFTWARE PTC CREO



Fonte: Elaborado pelos Autores

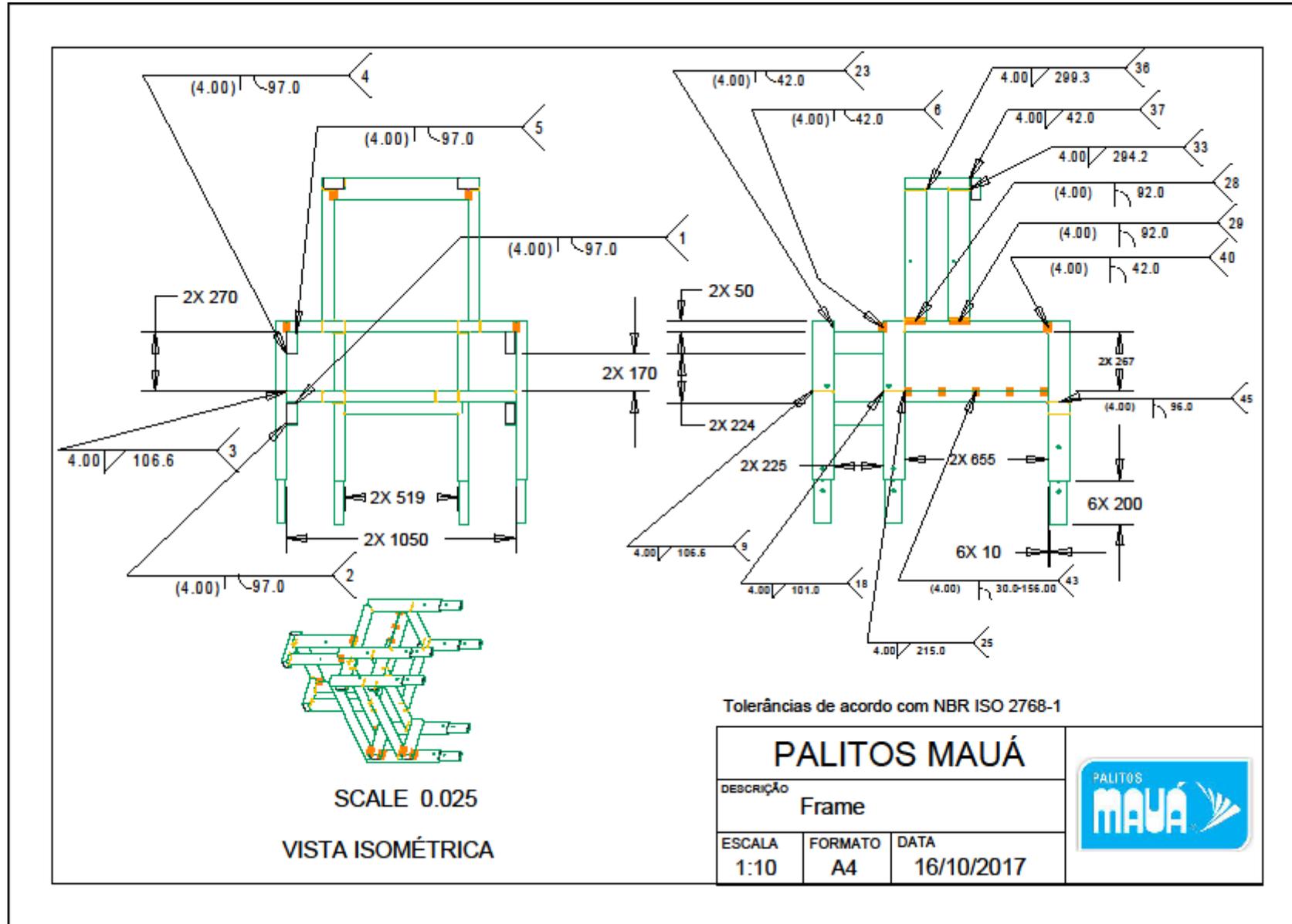
APÊNDICE C — DESENHOS DETALHADOS

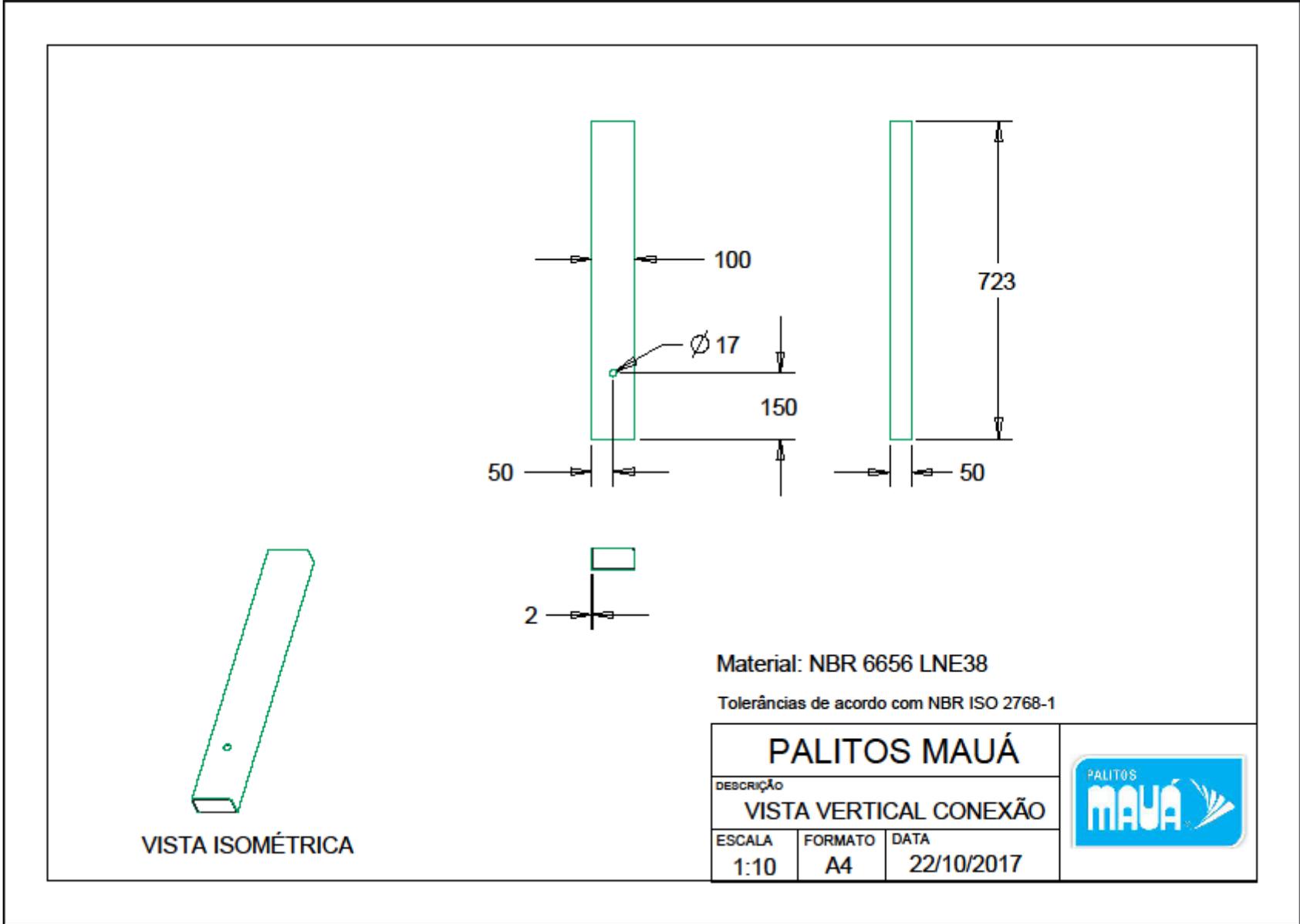


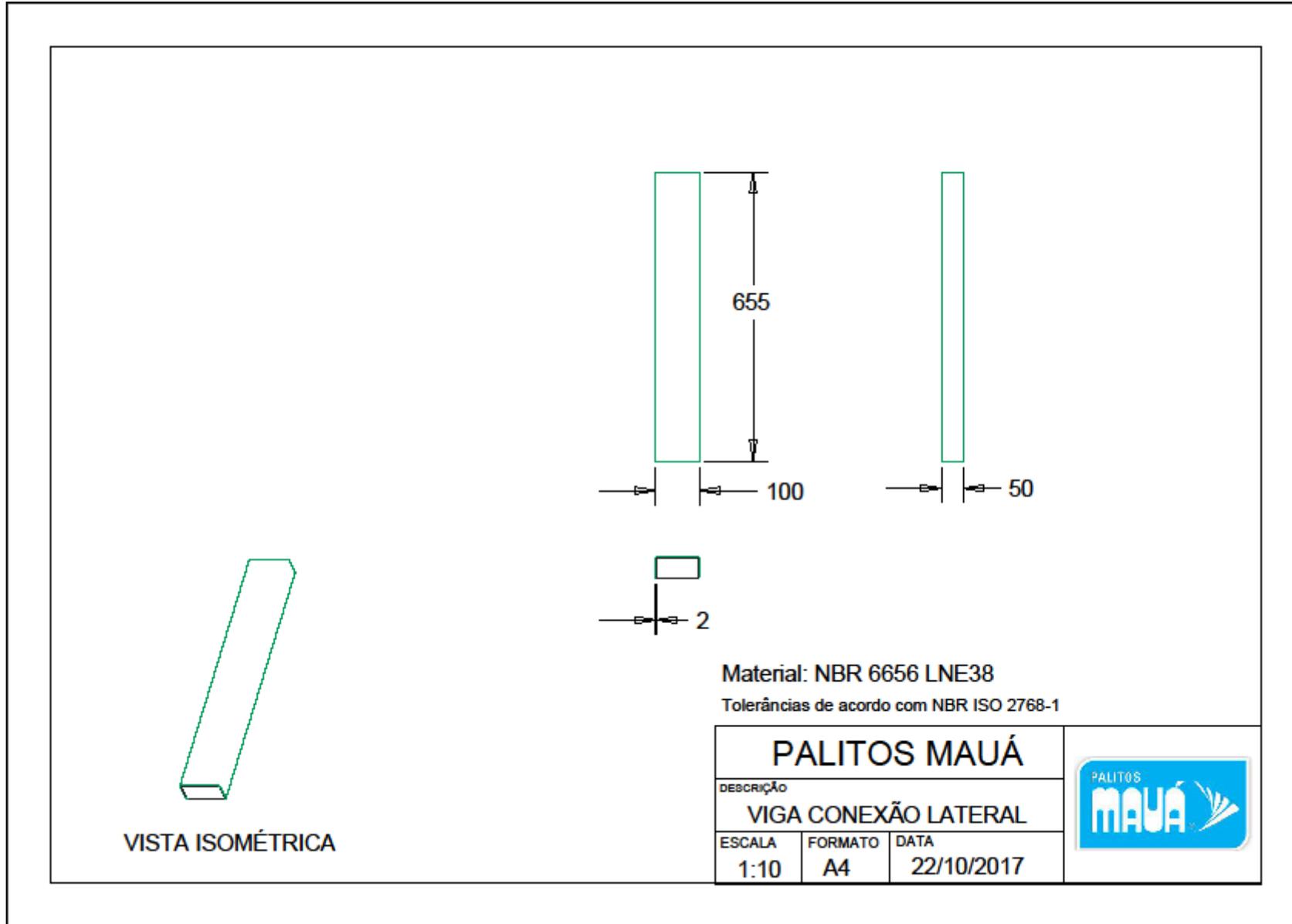


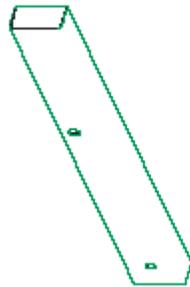
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
FRAME			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:12.5	A4	02/11/2017	

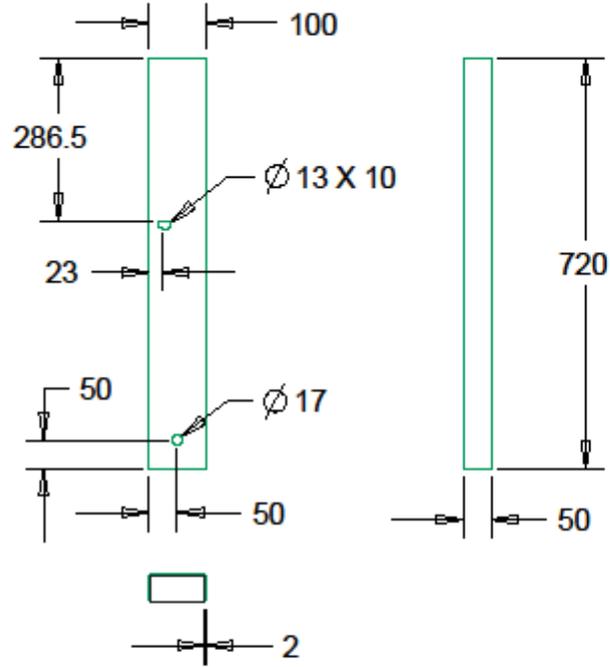








VISTA ISOMÉTRICA

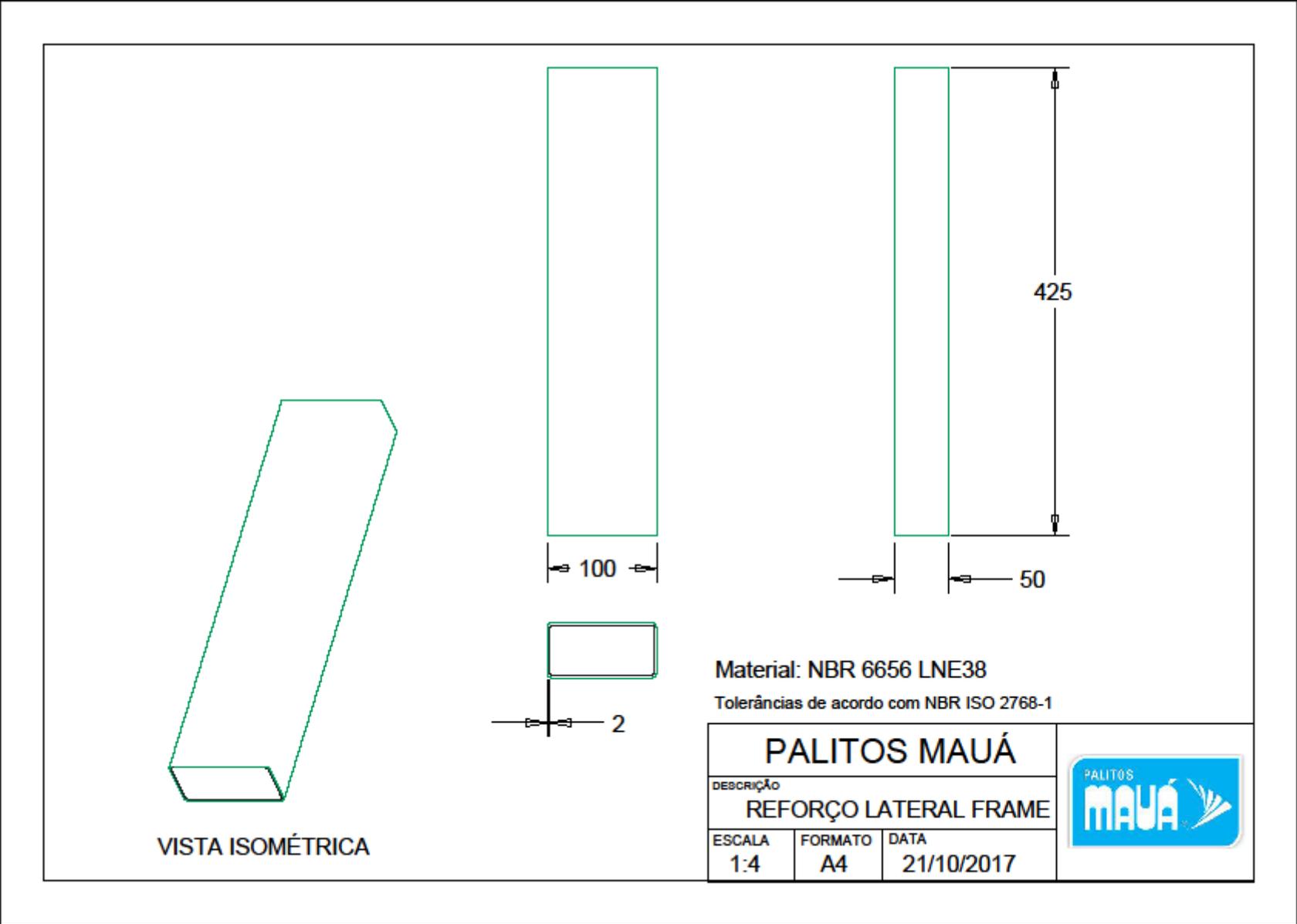


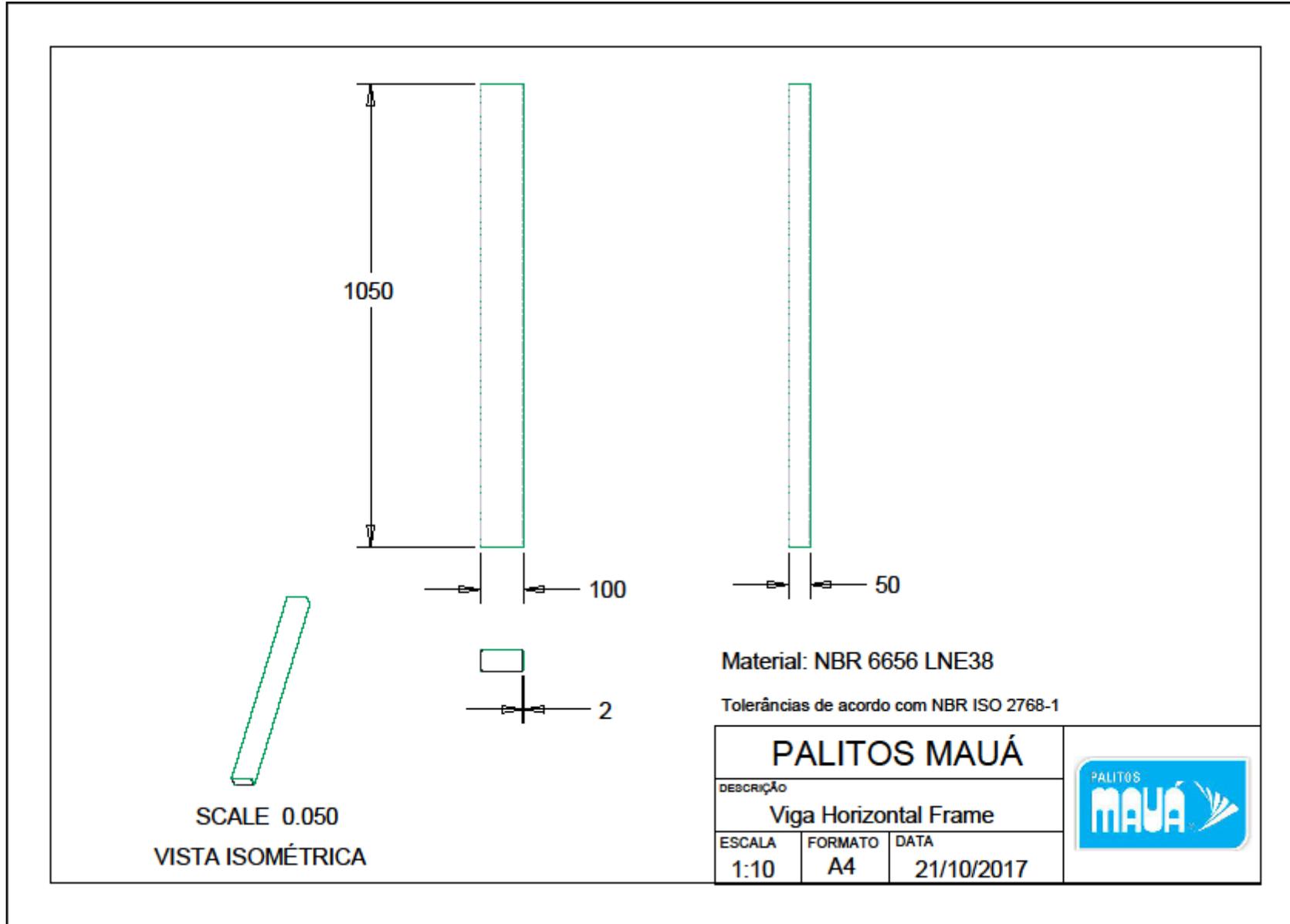
Material: NBR 6656 LNE38

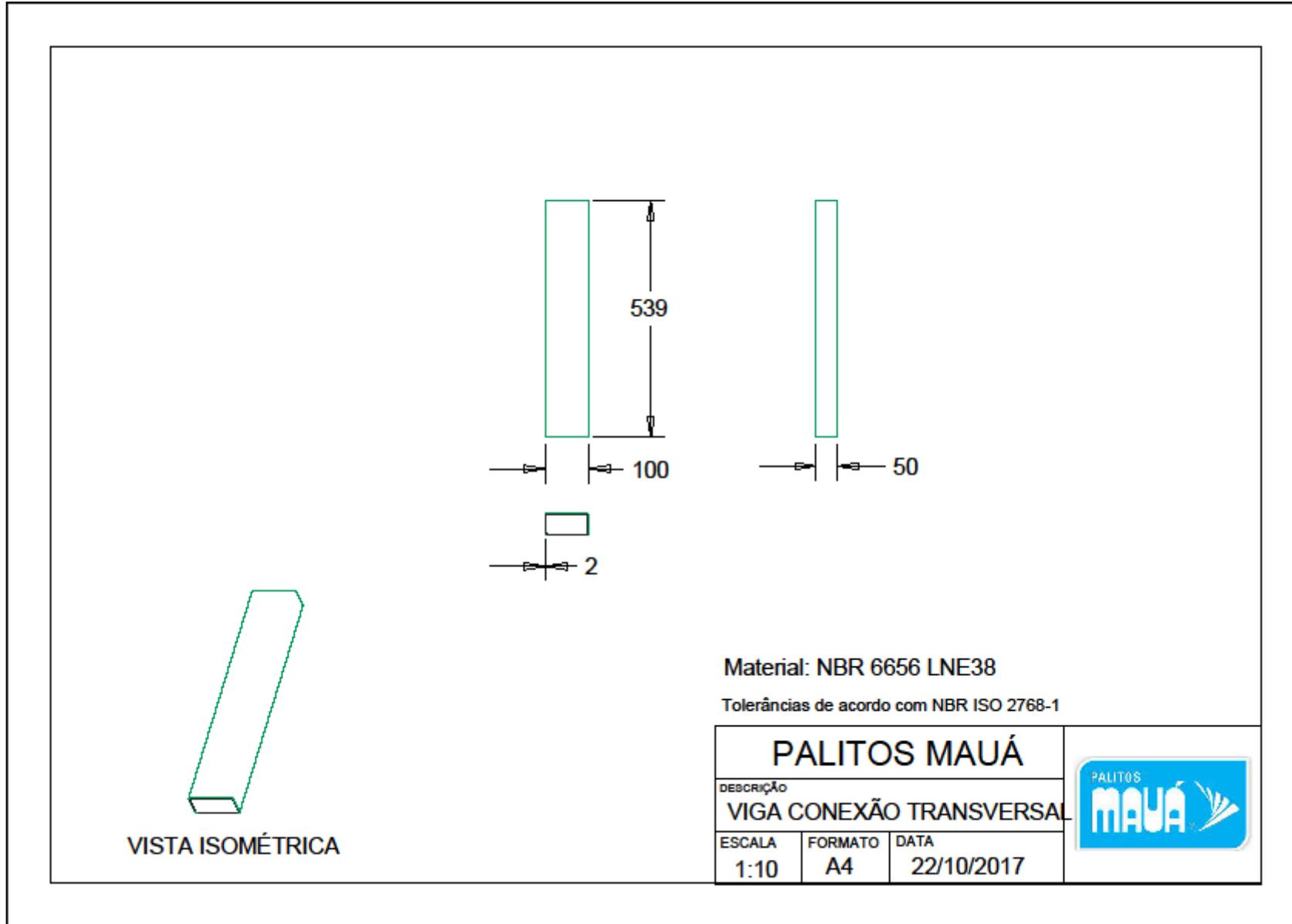
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

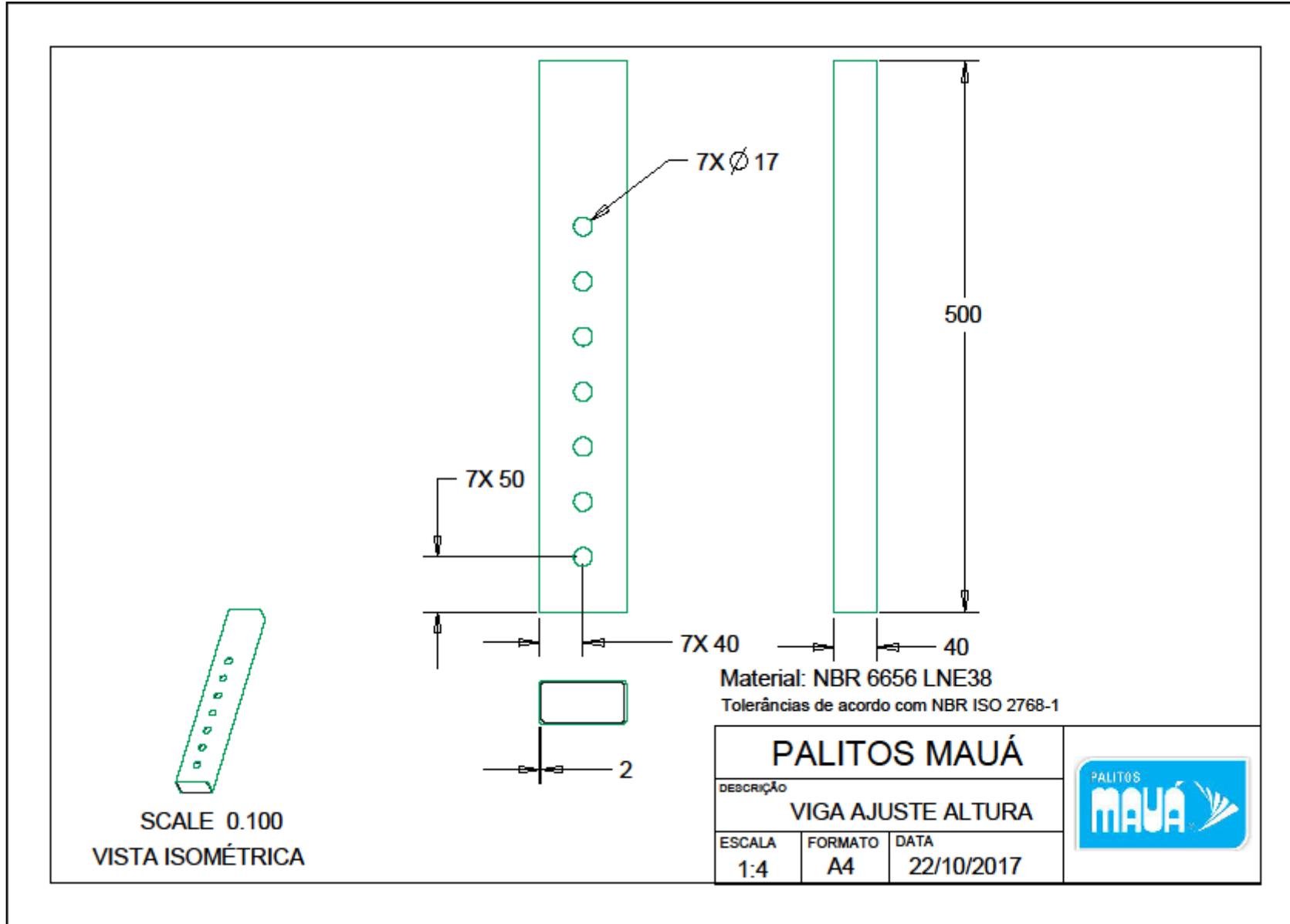
PALITOS MAUÁ		
DESCRIÇÃO		
VIGA VERTICAL REGULAGEM		
ESCALA	FORMATO	DATA
1:10	A4	21/10/2017

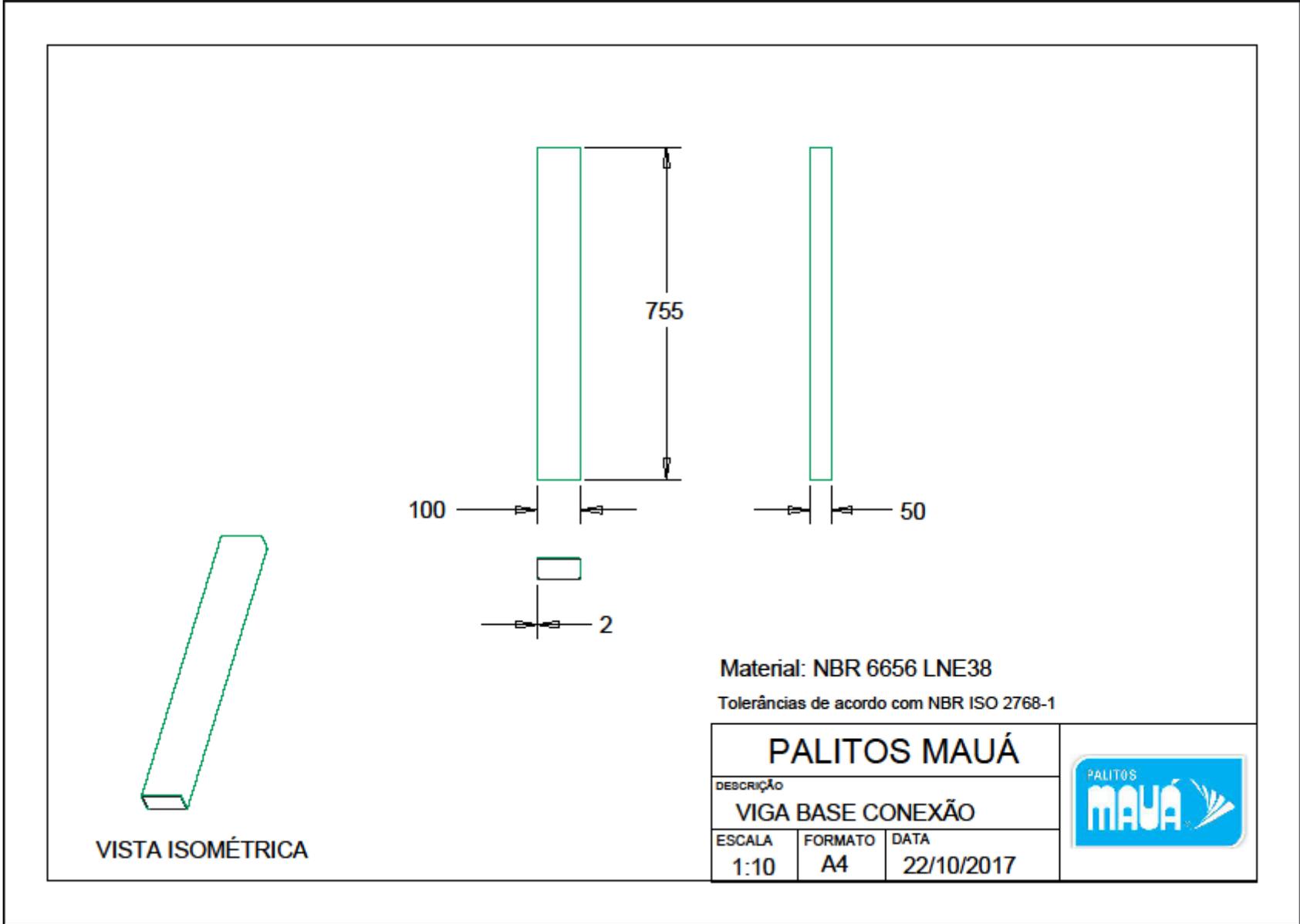


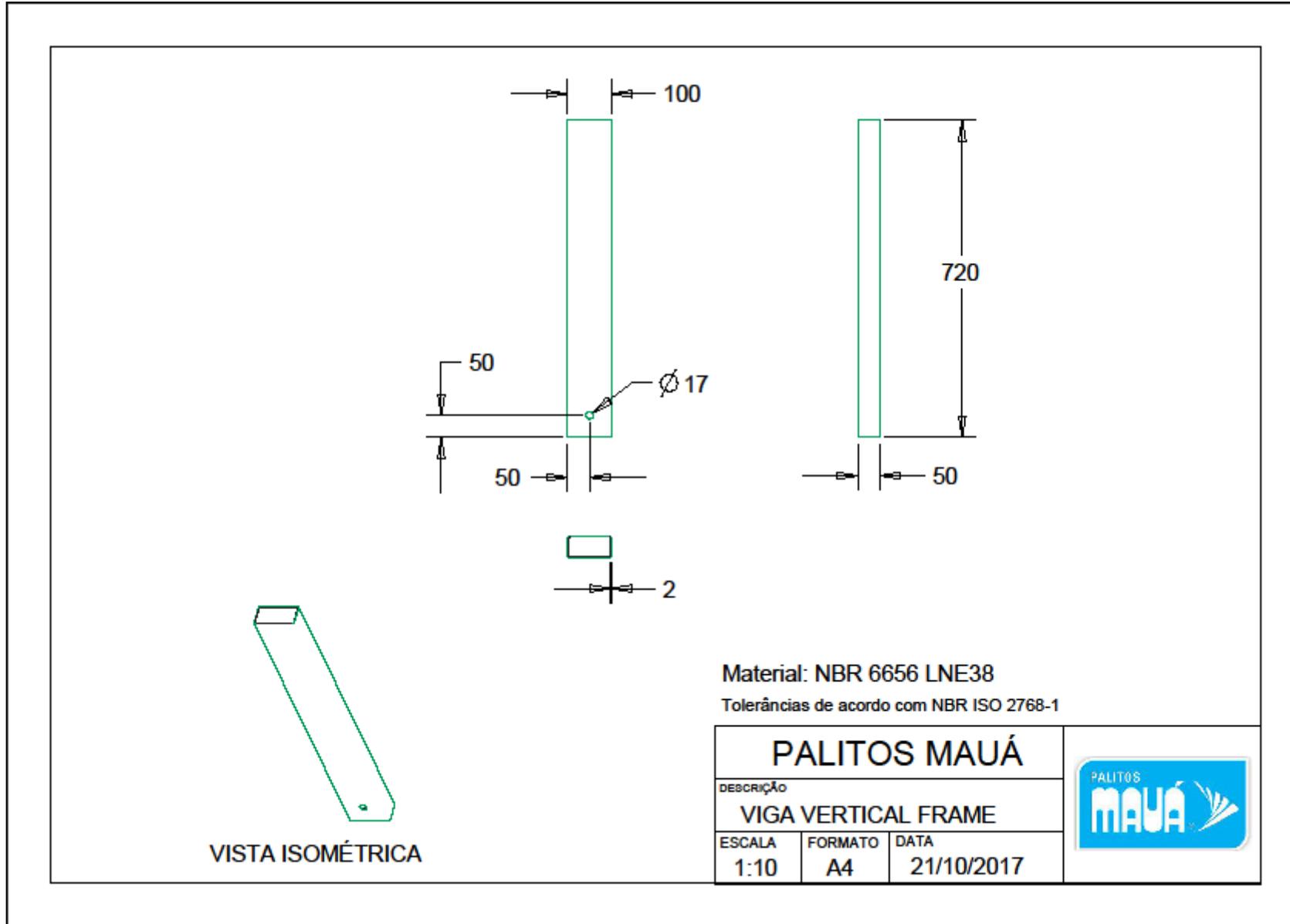


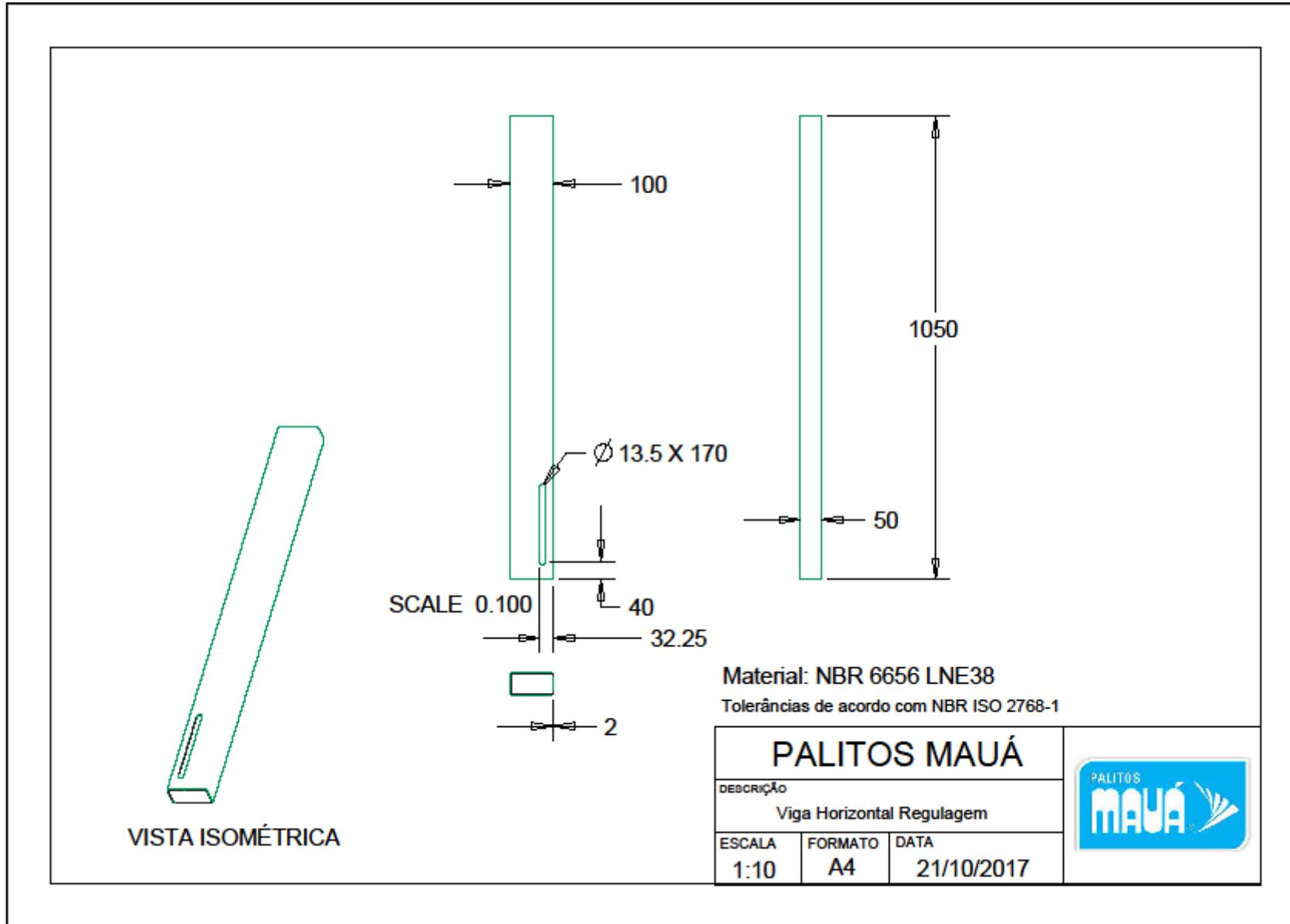


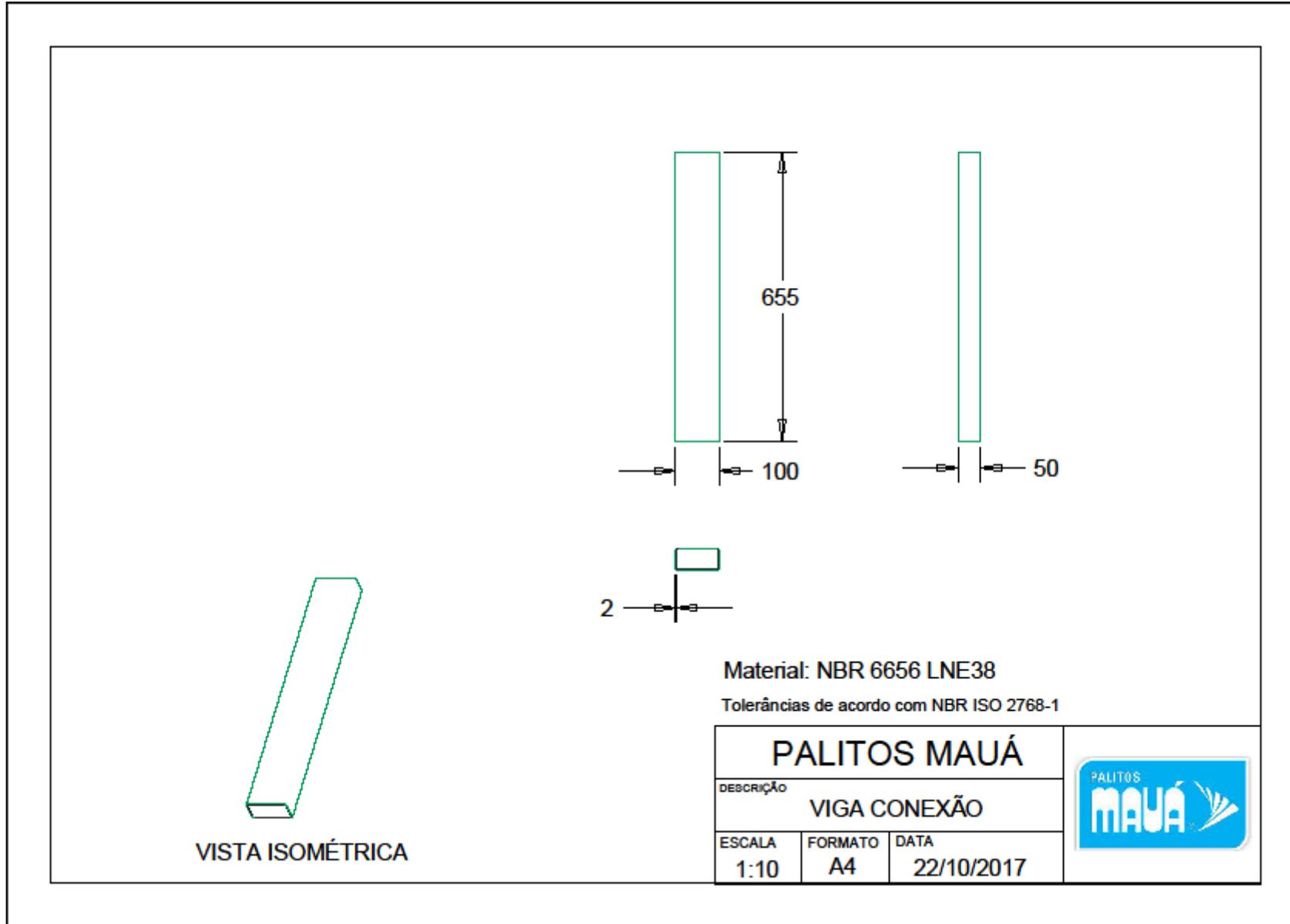


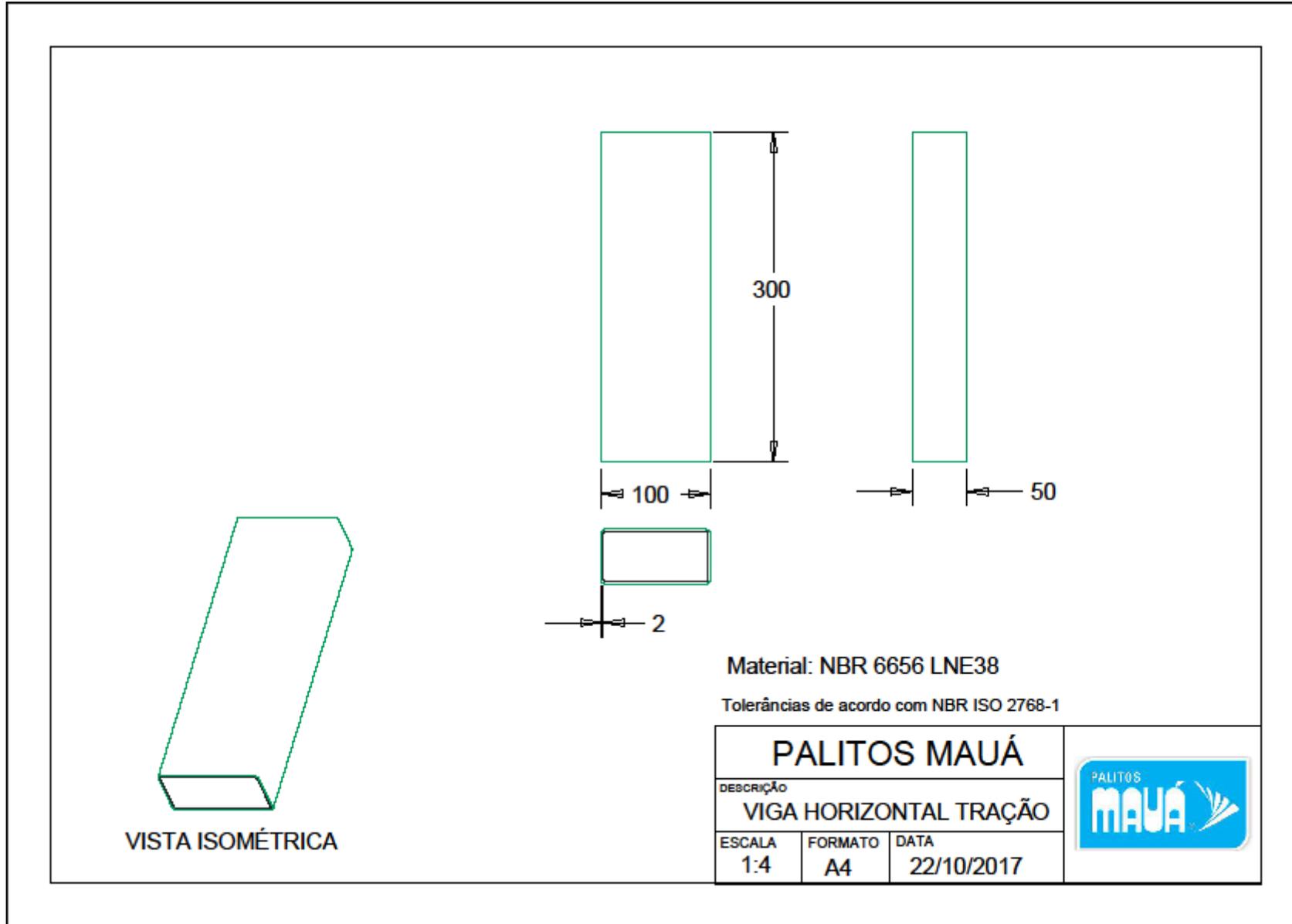


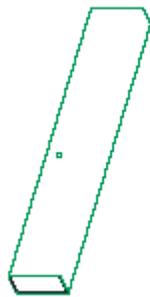




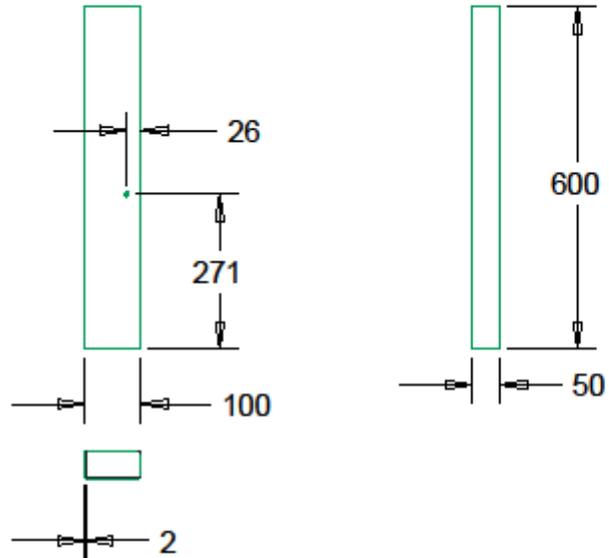








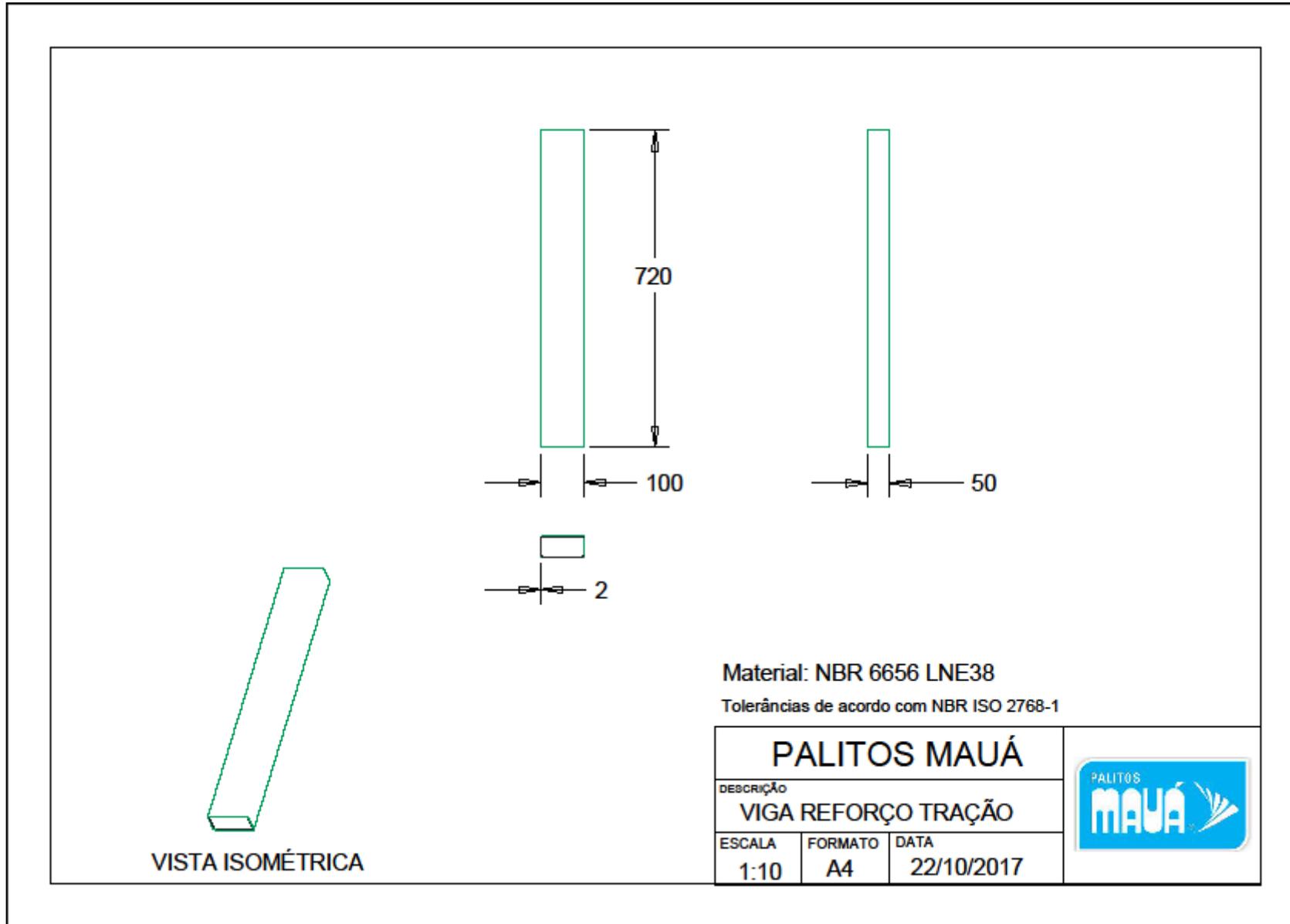
VISTA ISOMÉTRICA

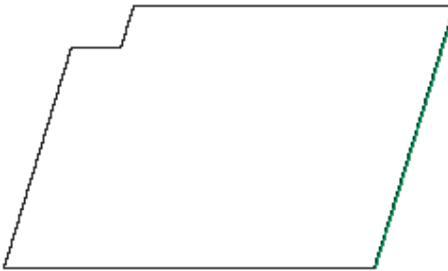
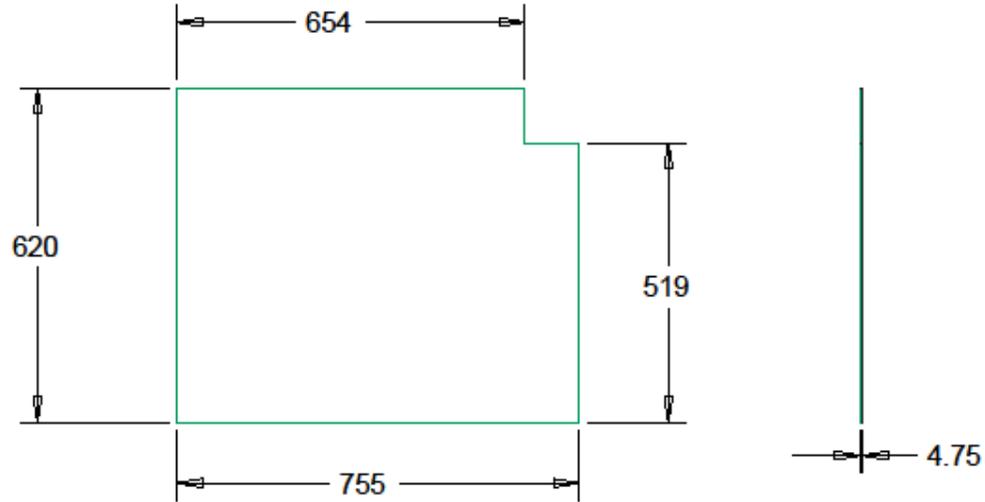


Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO VIGA VERTICAL TRAÇÃO			
ESCALA 1:10	FORMATO A4	DATA 22/10/2017	



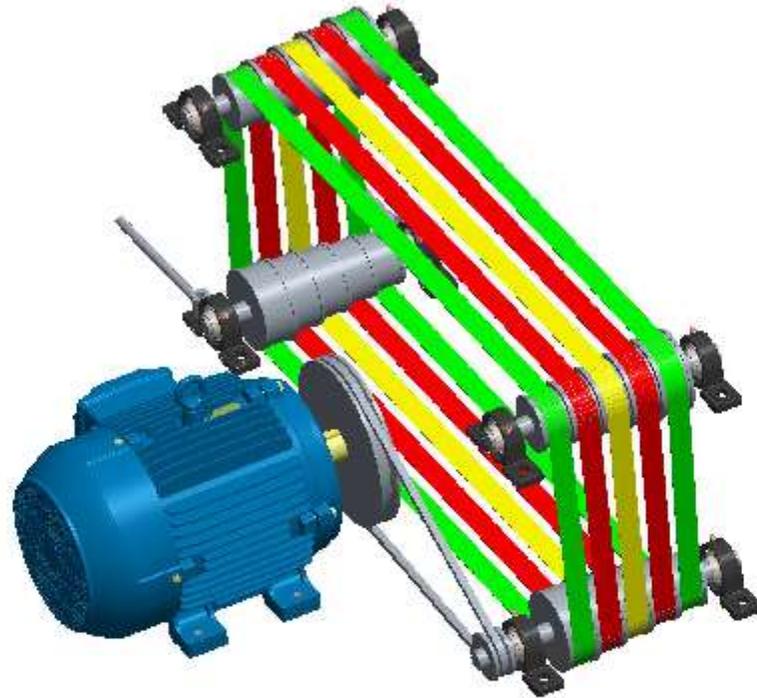


VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

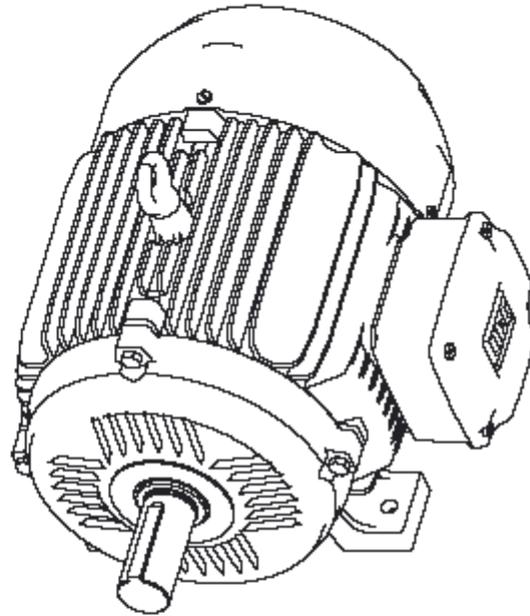
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
BASE MOTOR			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	22/10/2017	



Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
<small>DESCRIÇÃO</small> SISTEMA DE CORTE			
<small>ESCALA</small> 1:7	<small>FORMATO</small> A4	<small>DATA</small> 02/11/2017	

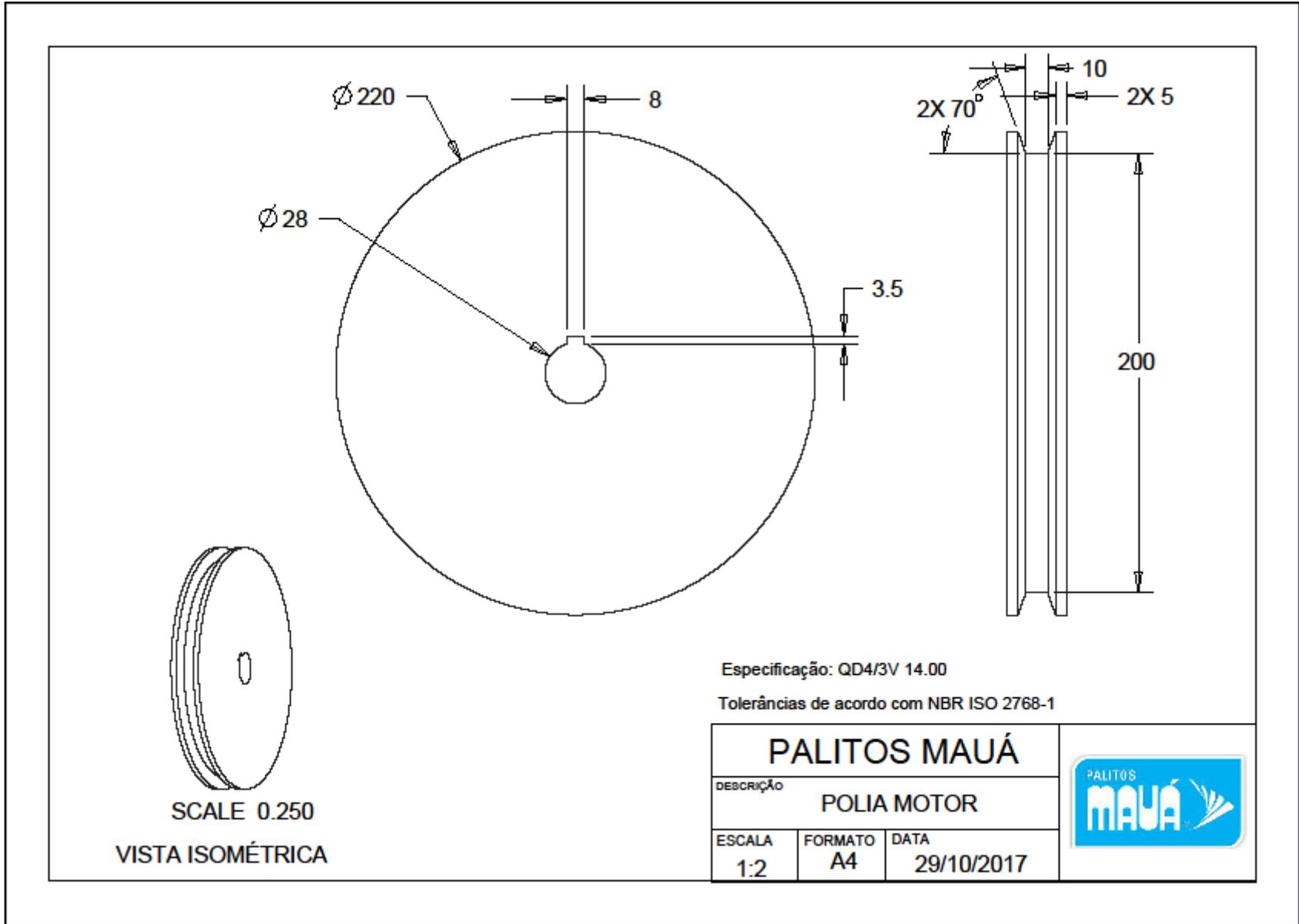


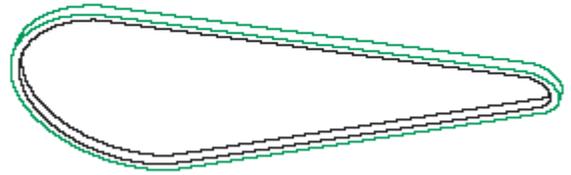
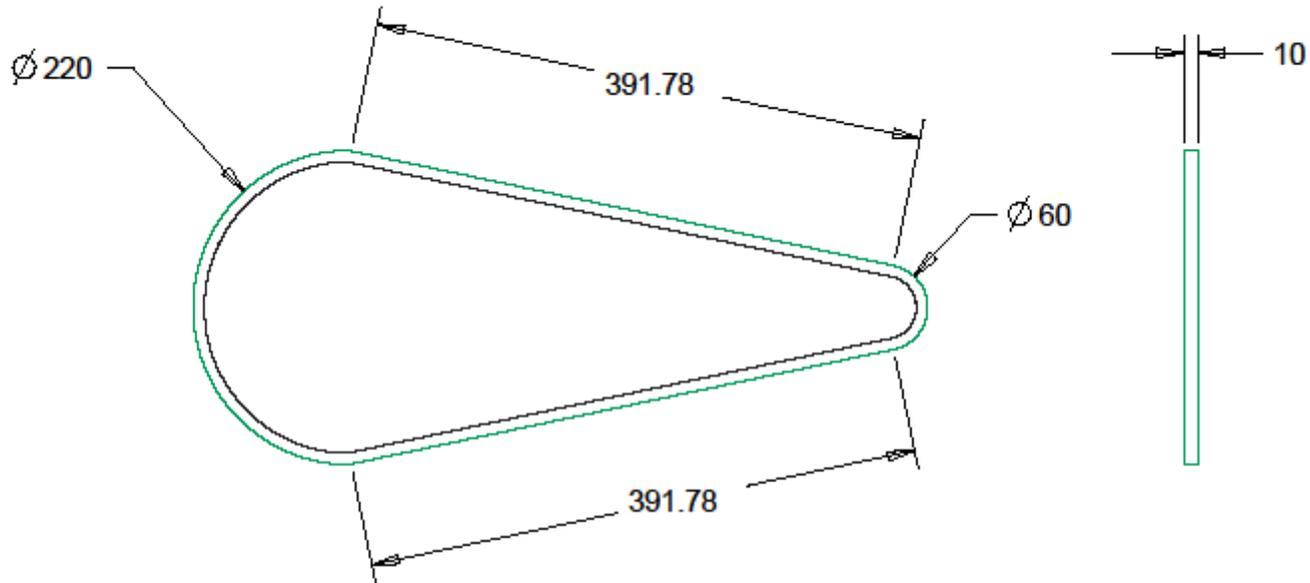
Especificações: W22 IR2 25CV Trifásico 220/380/440V 1770 RPM

Motor: WEG

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
<small>DESCRIÇÃO</small> MOTOR ELÉTRICO SERRA			
<small>ESCALA</small> 1:5	<small>FORMATO</small> A4	<small>DATA</small> 29/10/2017	



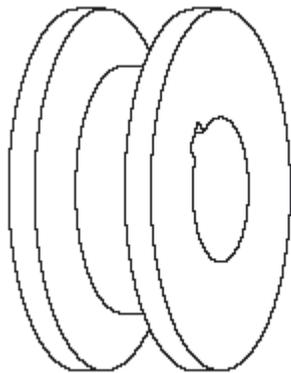
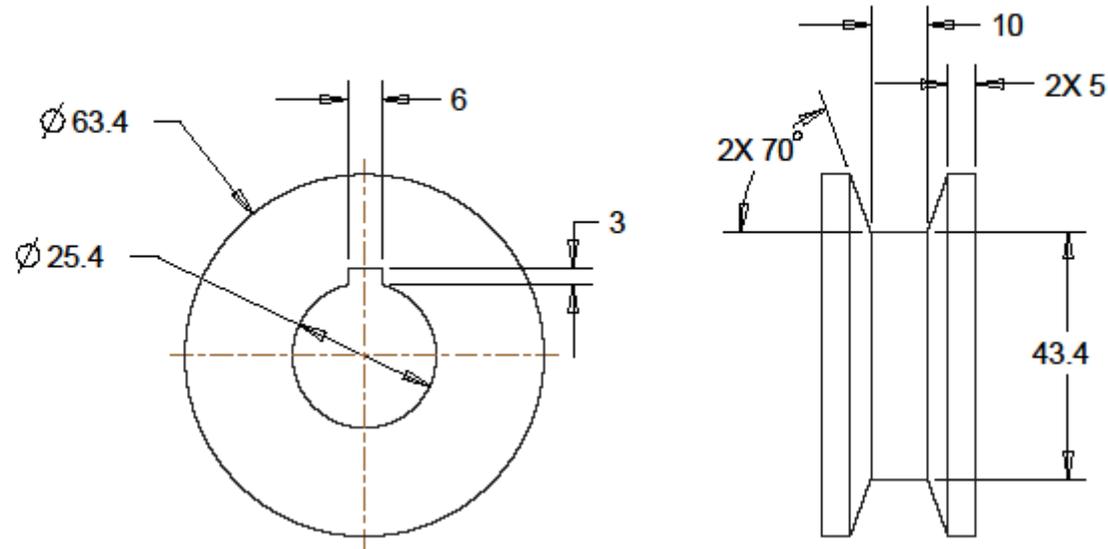


SCALE 0.200
VISTA ISOMÉTRICA

Comprimento: 1224mm
Especificação: GATES, Super HC - 3VX - 345
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ		
DESCRIÇÃO		
CORREIA MOTOR		
ESCALA	FORMATO	DATA
1:4	A4	29/10/2017



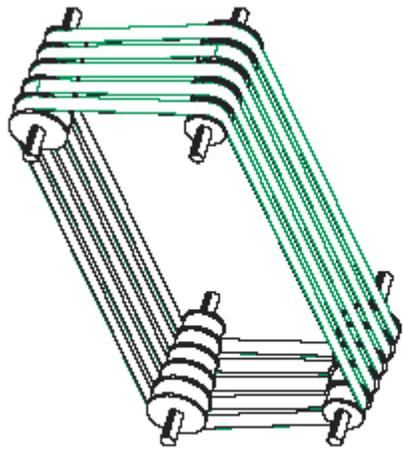


VISTA ISOMÉTRICA

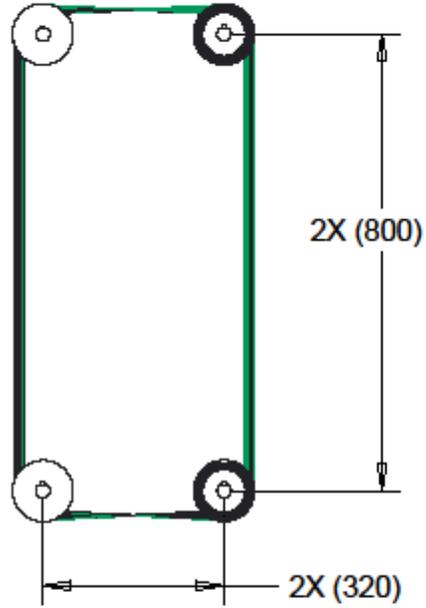
Especificação: 40-3M

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIA MENOR			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:1	A4	29/10/2017	

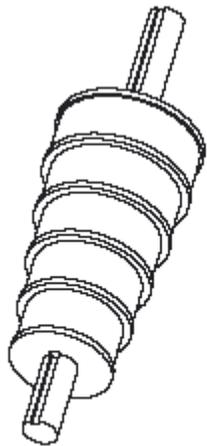
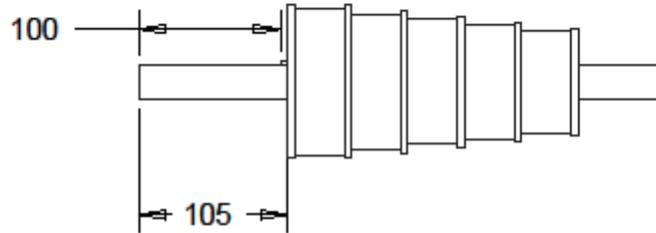


VISTA ISOMÉTRICA



Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

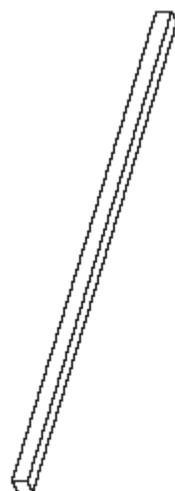
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIAS CORTE			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	22/10/2017	



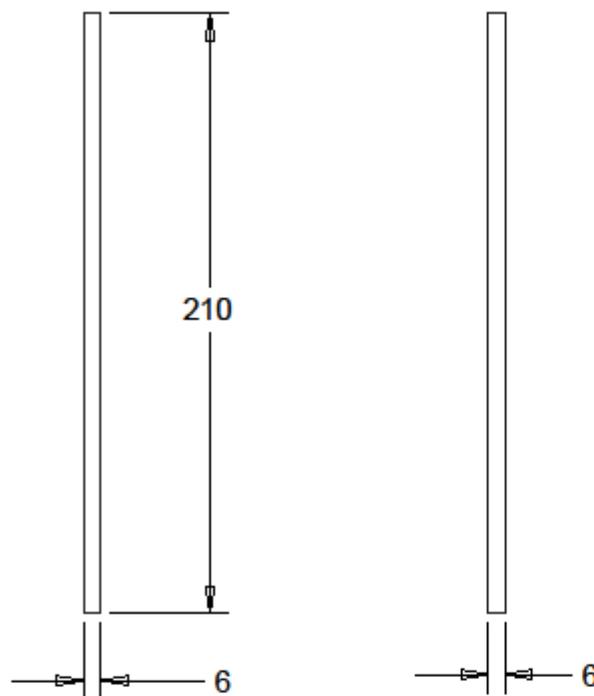
VISTA ISOMÉTRICA

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO POLIA MOTORA			
ESCALA 1:4	FORMATO A4	DATA 22/10/2017	



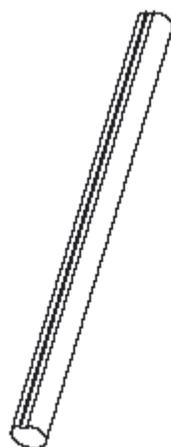
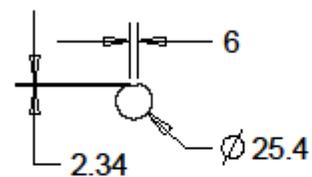
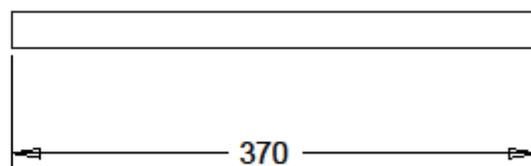
VISTA ISOMÉTRICA



Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
CHAVETA POLIA MOTORA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	

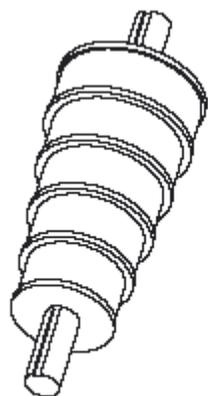
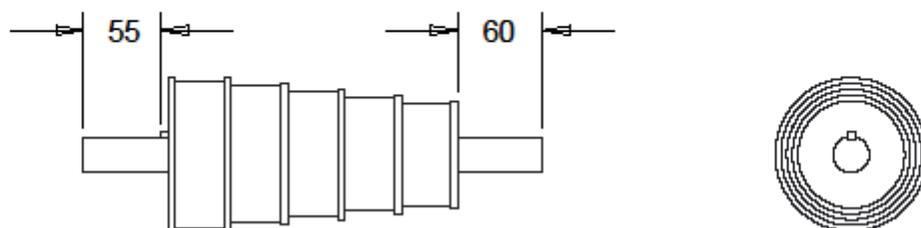


VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

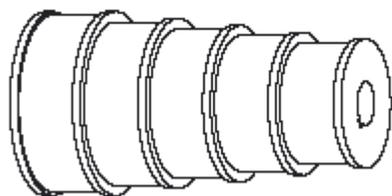
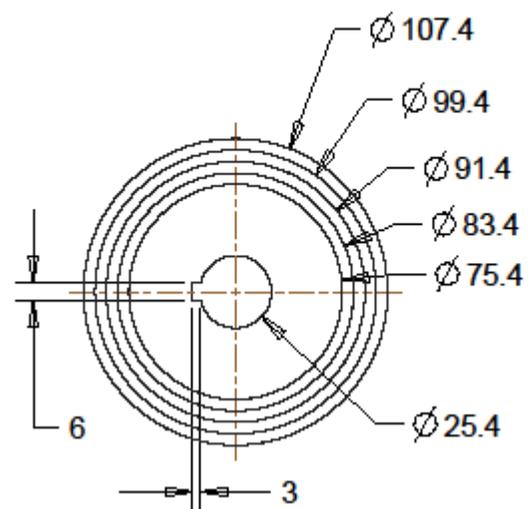
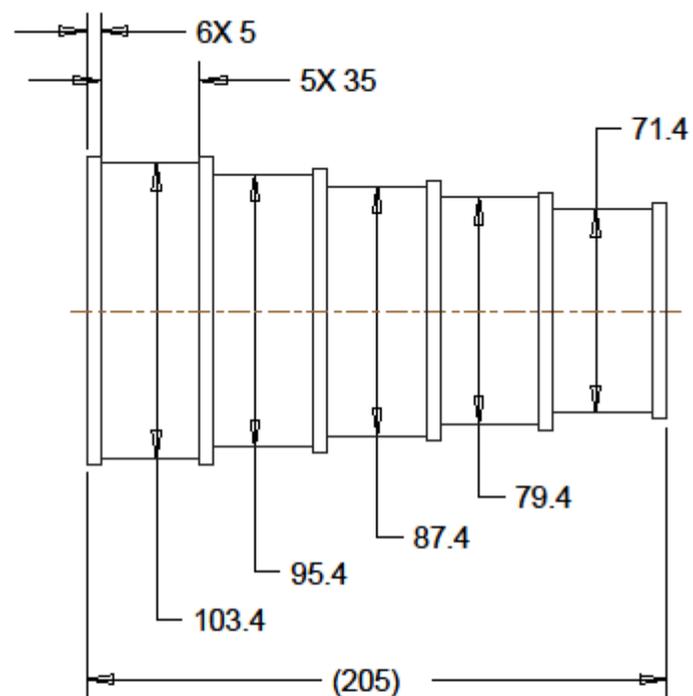
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
EIXO POLIA MOTORA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:4	A4	22/10/2017	



VISTA ISOMÉTRICA

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:4	A4	22/10/2017	

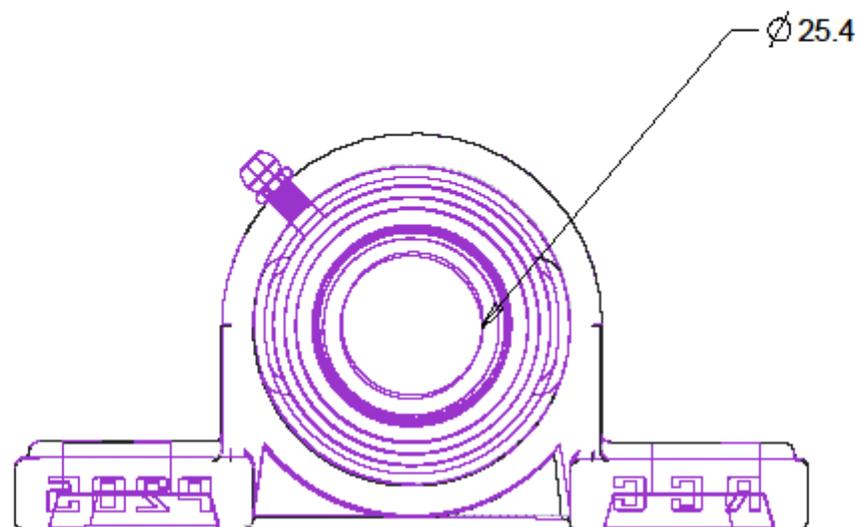


SCALE 0.300
VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

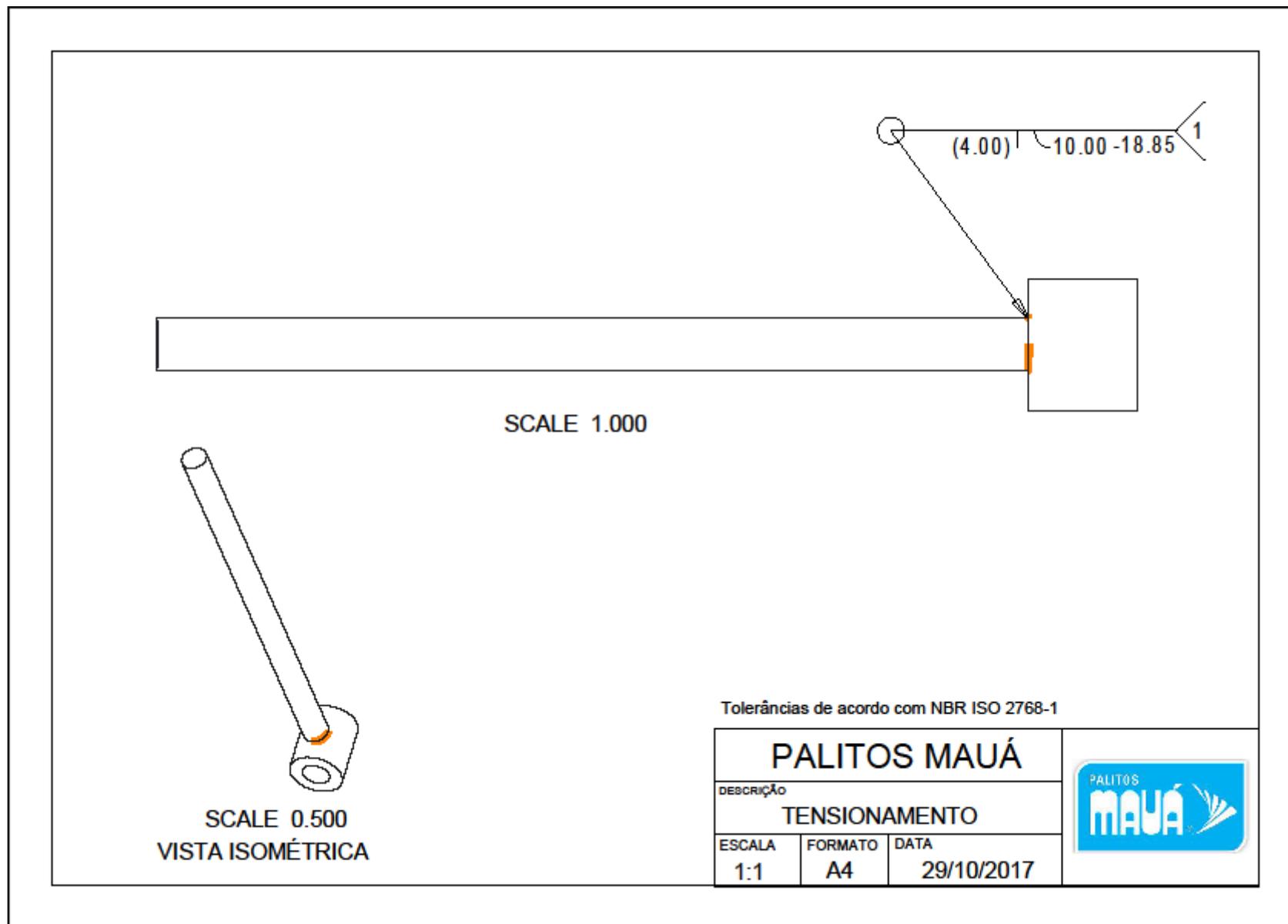
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	

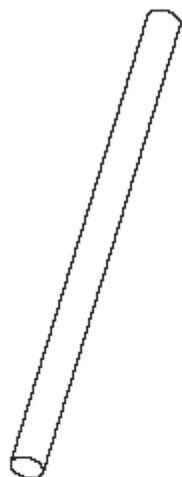
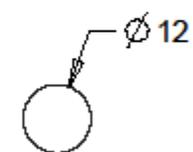
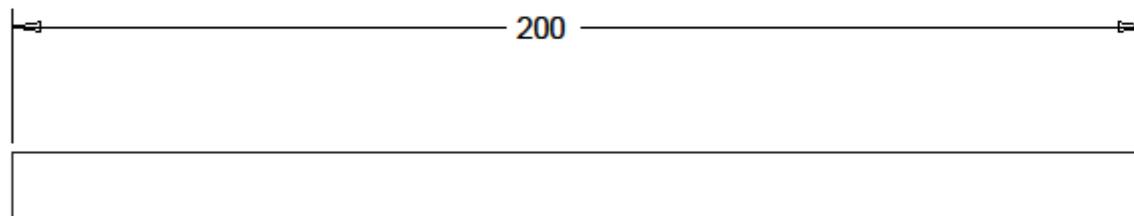


Material: SE 507-606 1306K

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
MANCAL POLIAS			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:1	A4	29/10/2017	



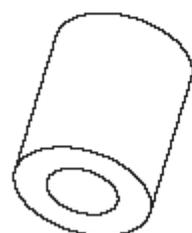
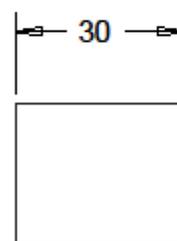
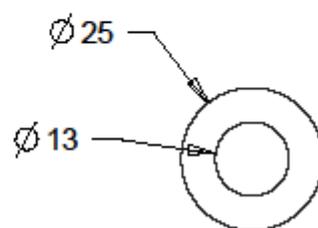


SCALE 0.500
VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
<small>DESCRIÇÃO</small> PINO TENSIONAMENTO			
<small>ESCALA</small> 1:1	<small>FORMATO</small> A4	<small>DATA</small> 29/10/2017	

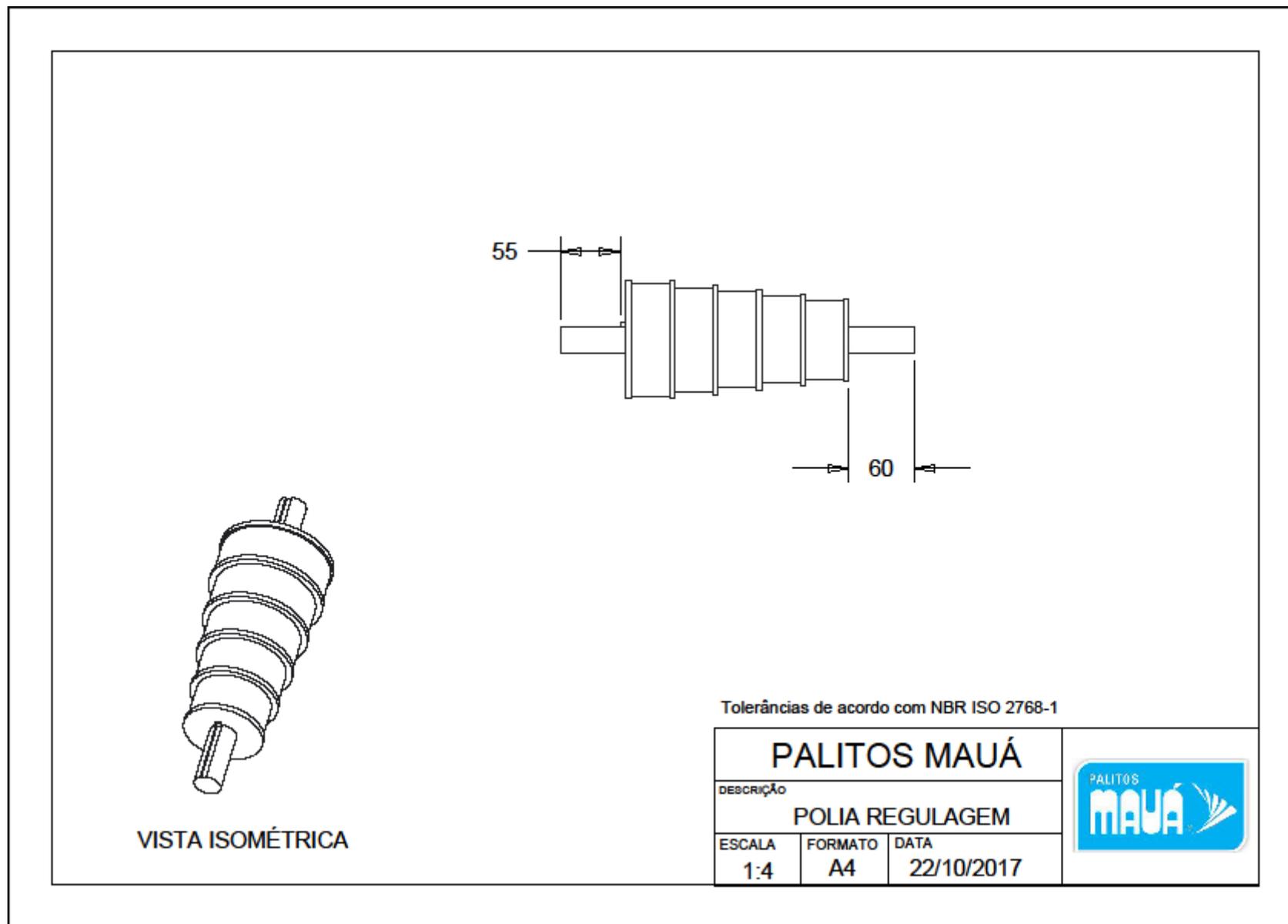


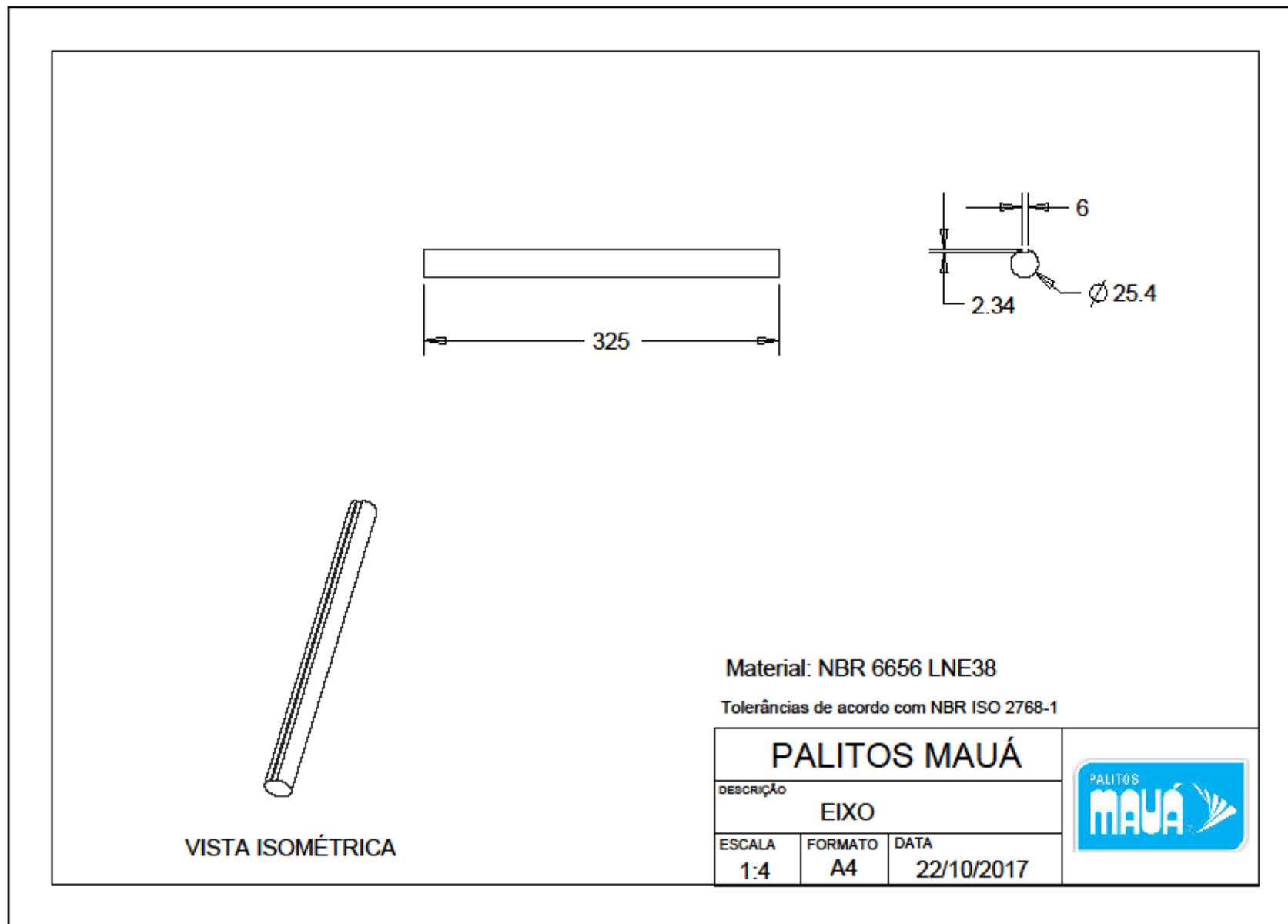
VISTA ISOMÉTRICA

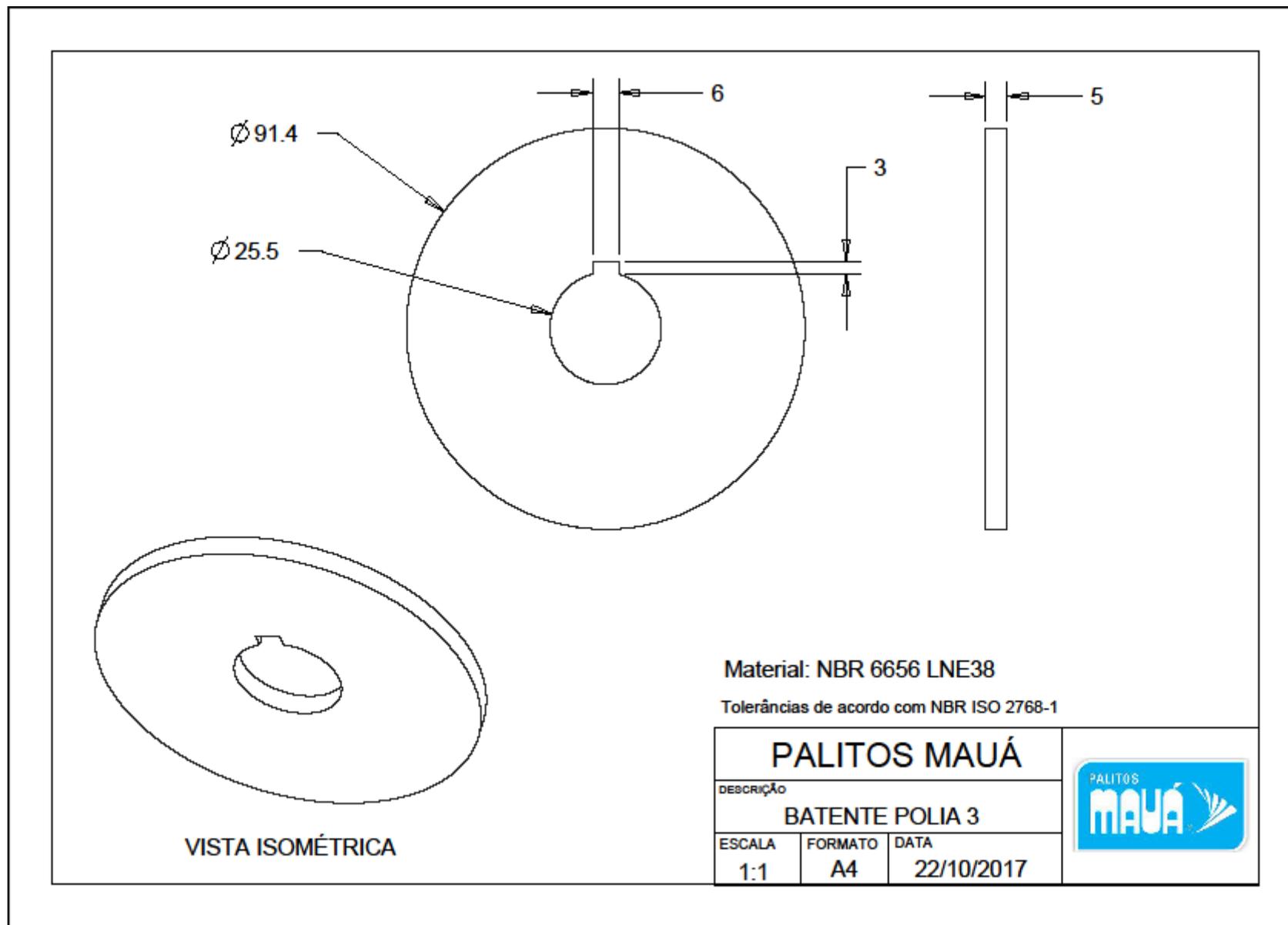
Material: NBR 6656 LNE38

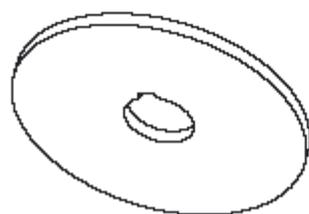
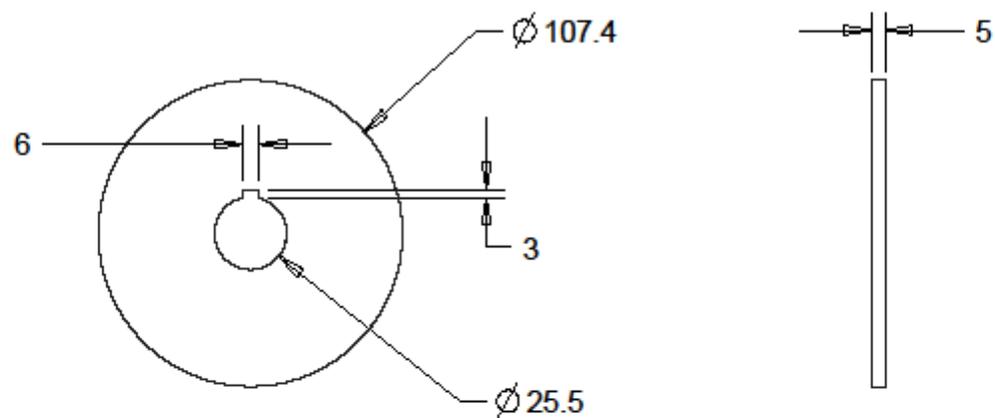
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO BUCHA AJUSTE TENSÃO			
ESCALA 1:1	FORMATO A4	DATA 29/10/2017	







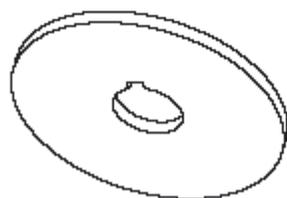
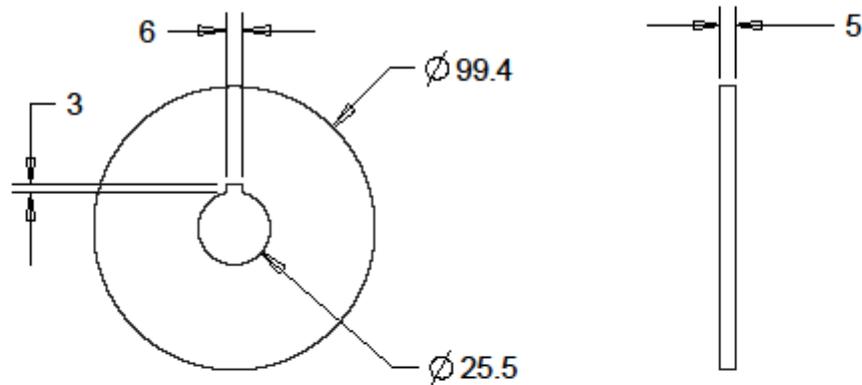


VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
BATENTE 1			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	

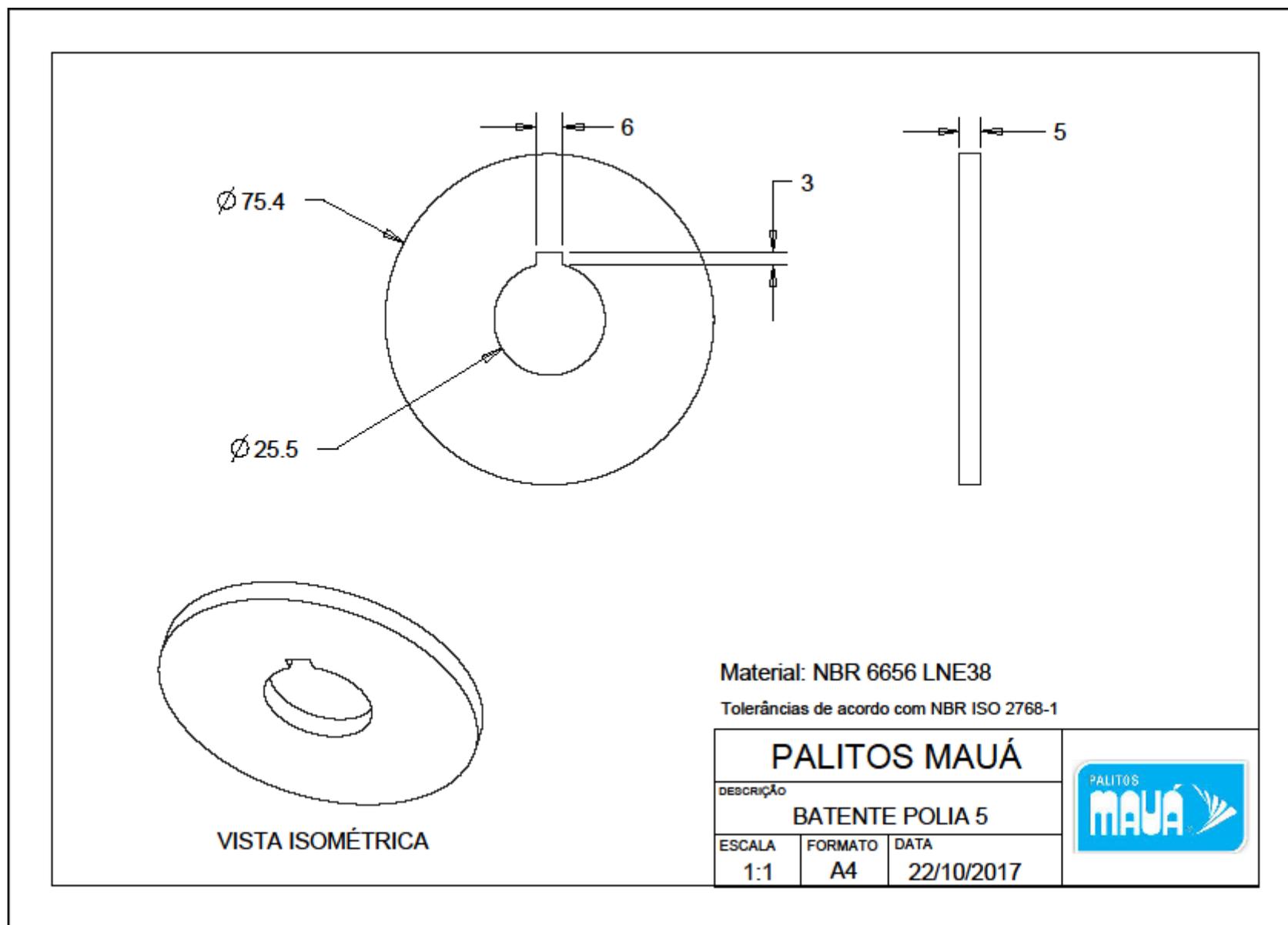


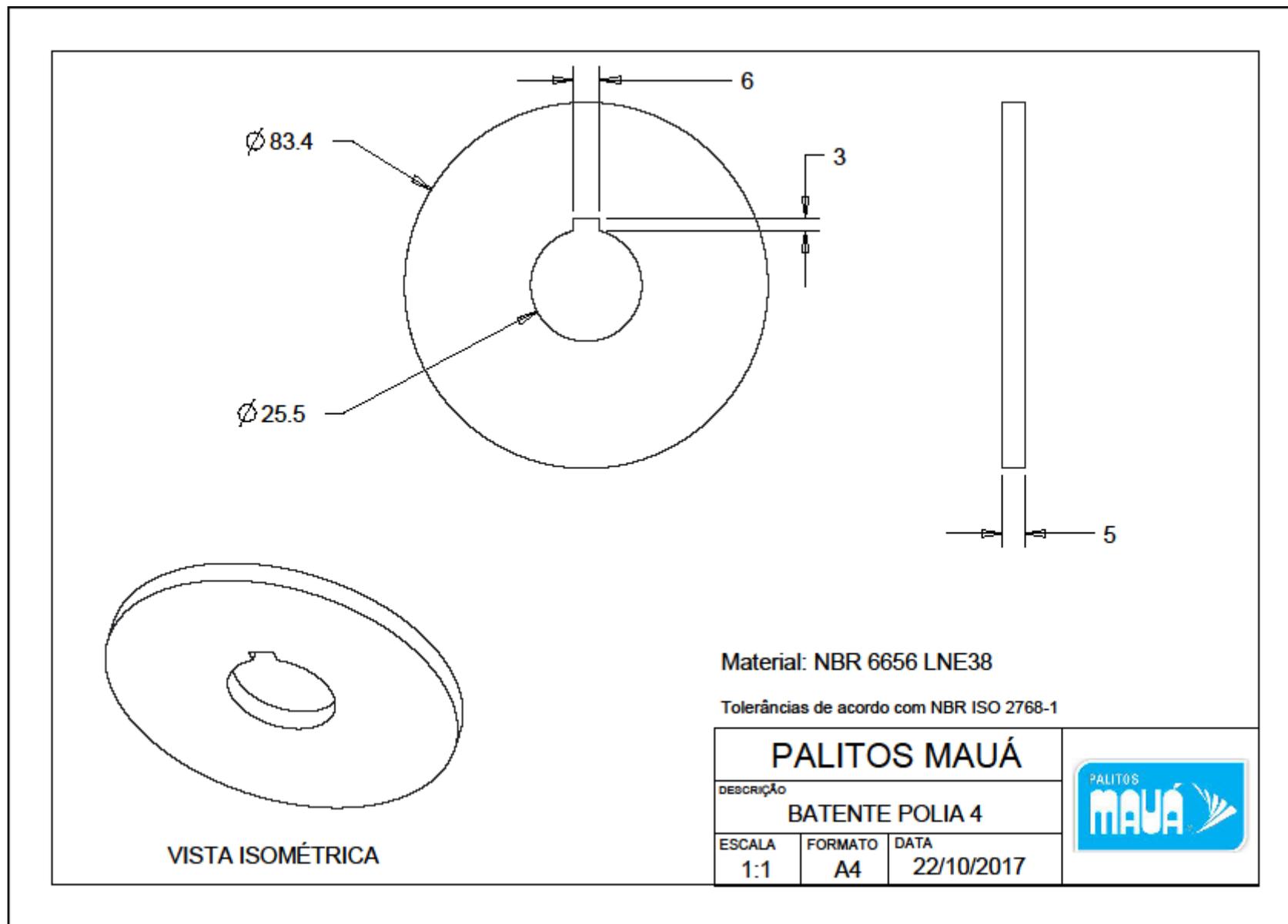
VISTA ISOMÉTRICA

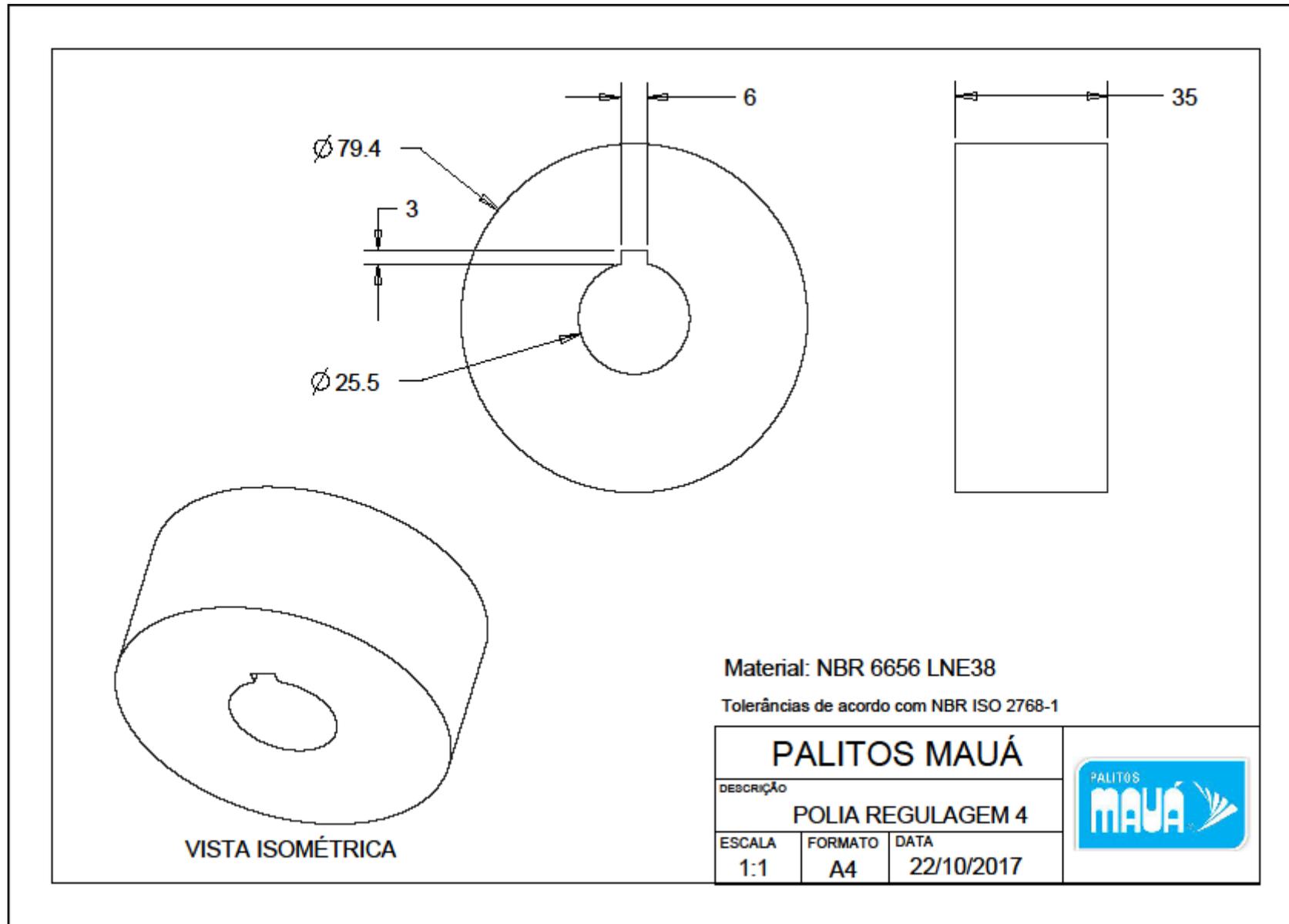
Material: NBR 6656 LNE38

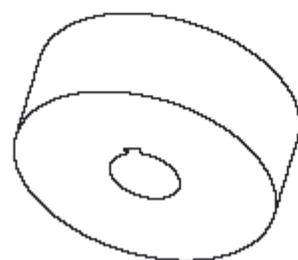
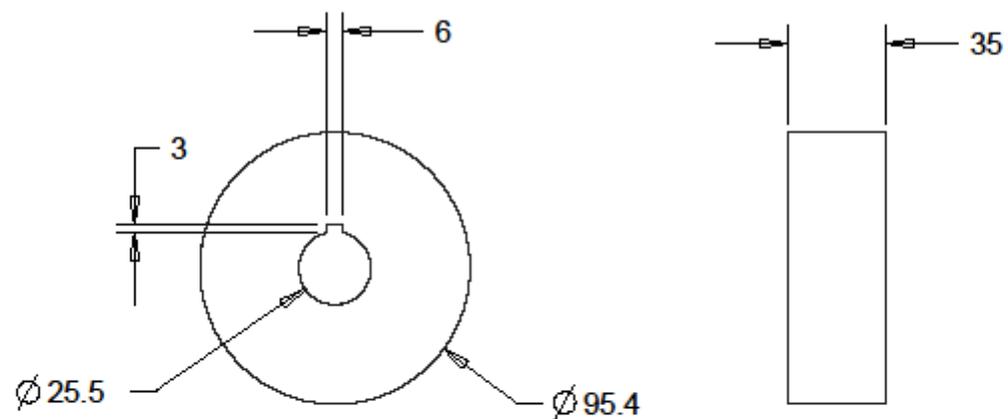
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
BATENTE POLIA 2			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	







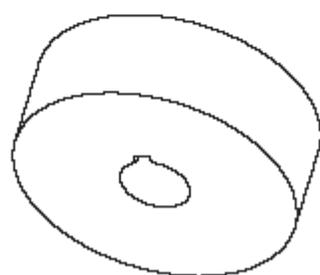
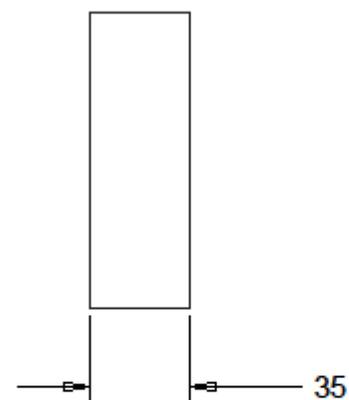
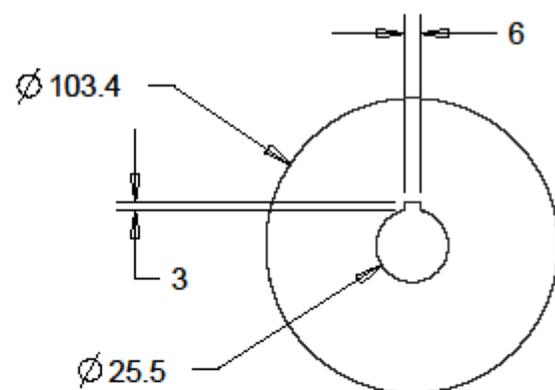


VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIA REGULAGEM 2			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	

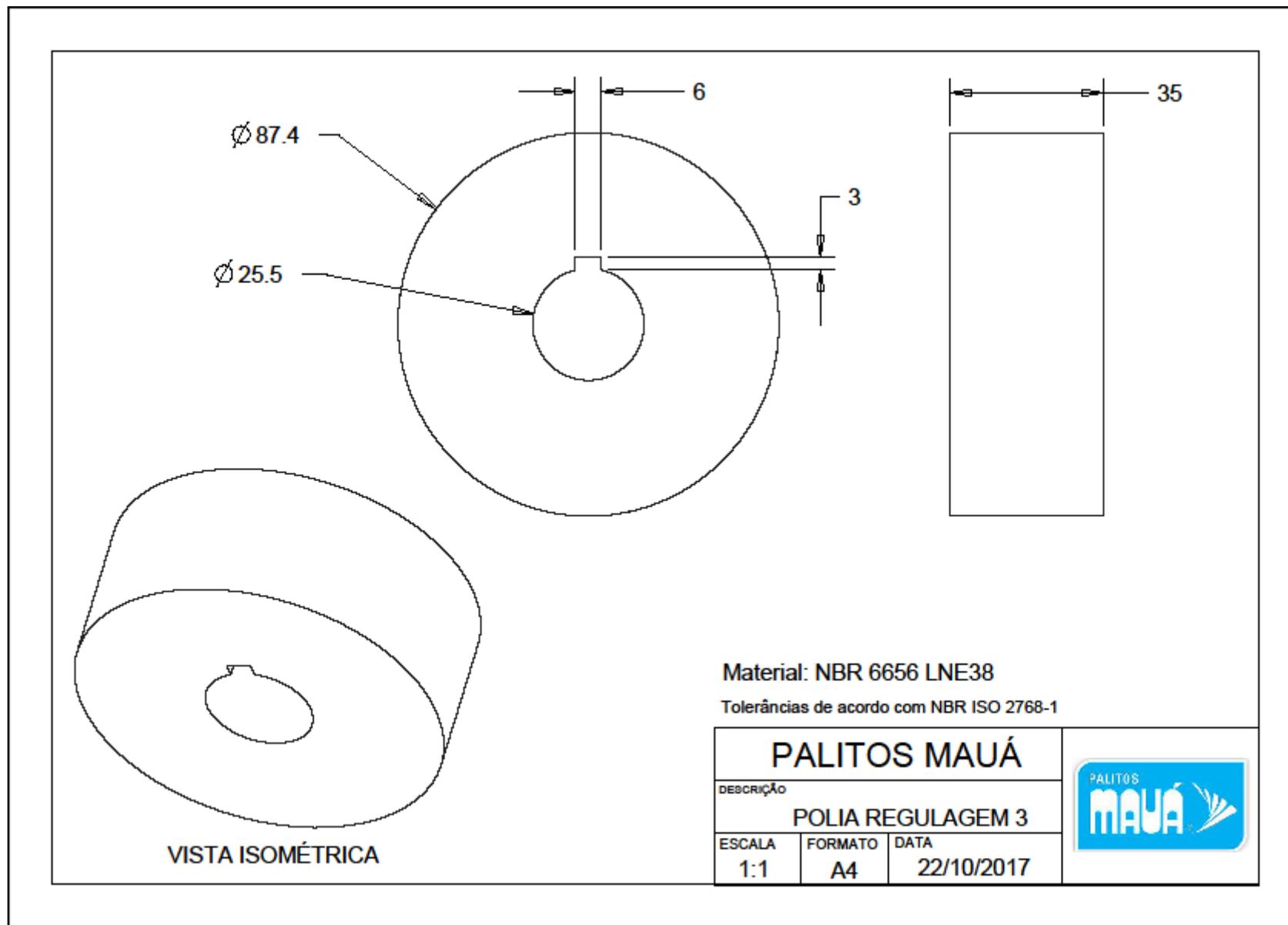


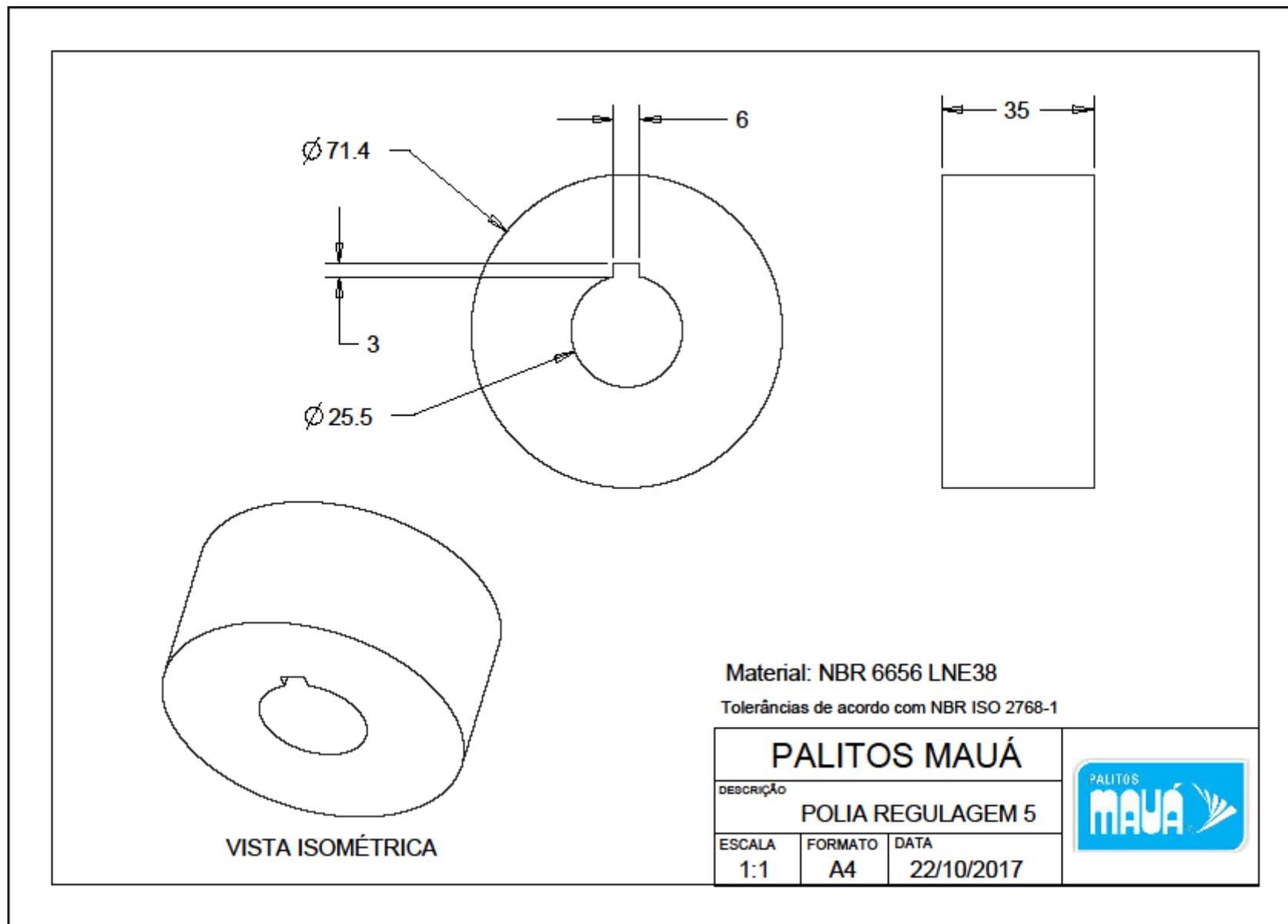
VISTA ISOMÉTRICA

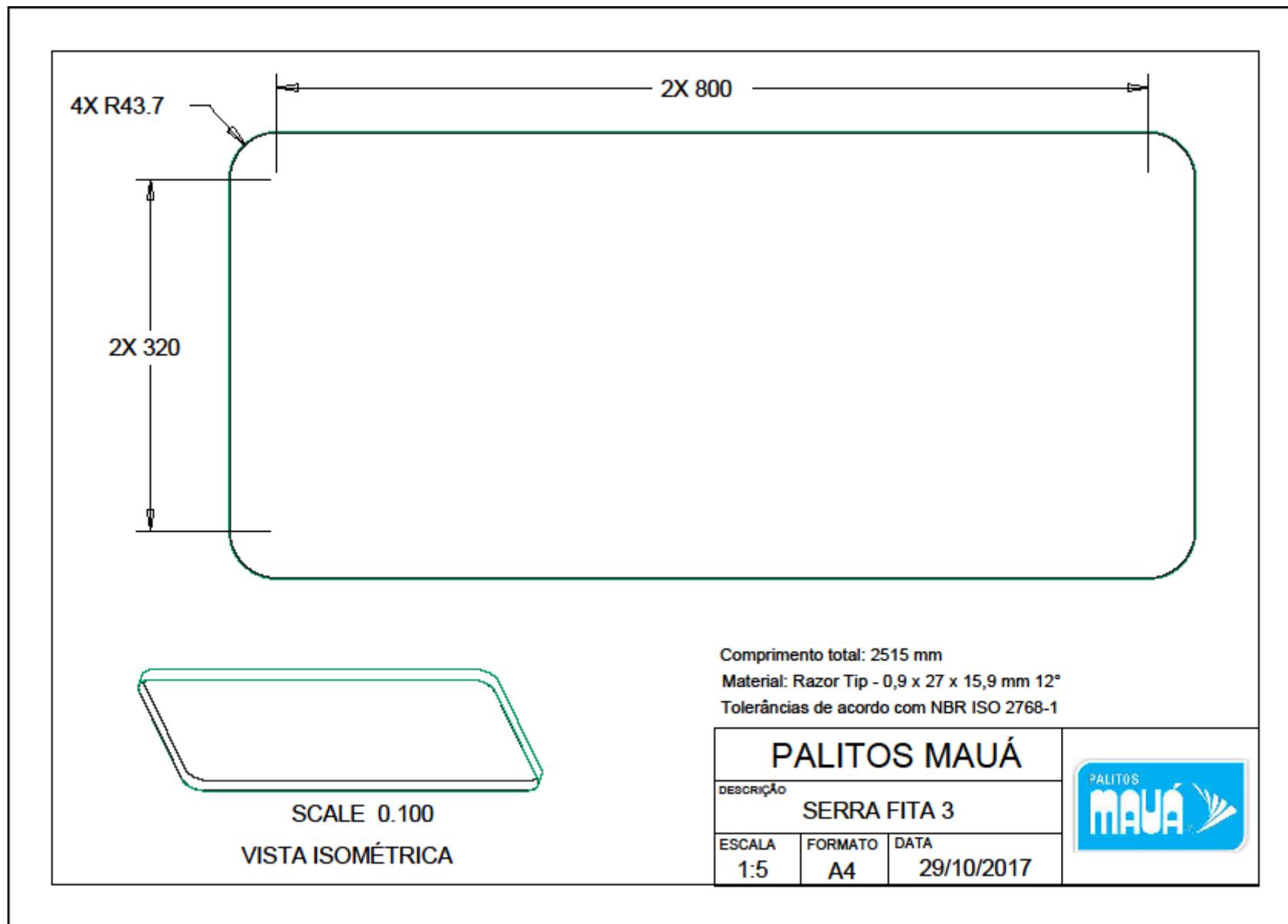
Material: NBR 6656 LNE38

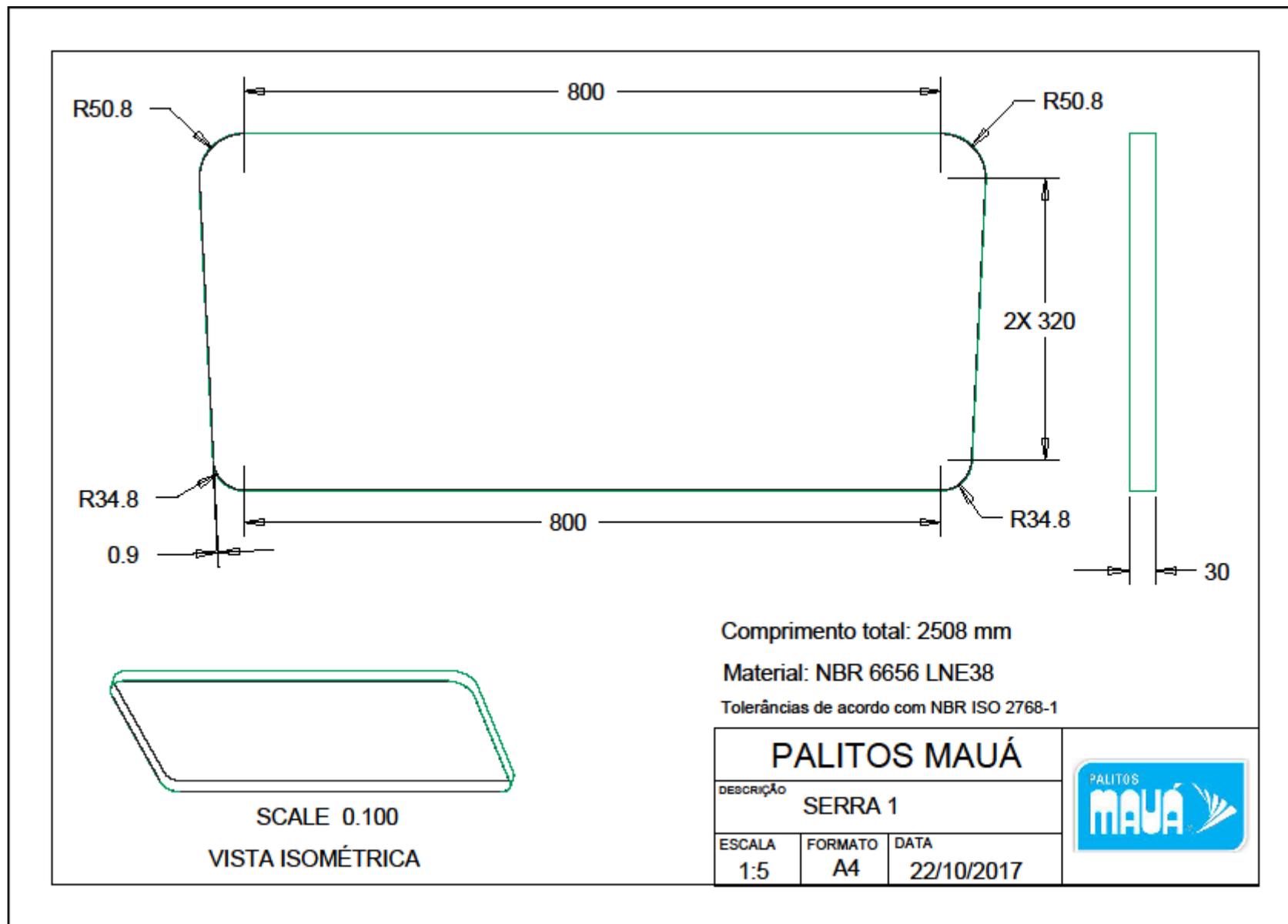
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

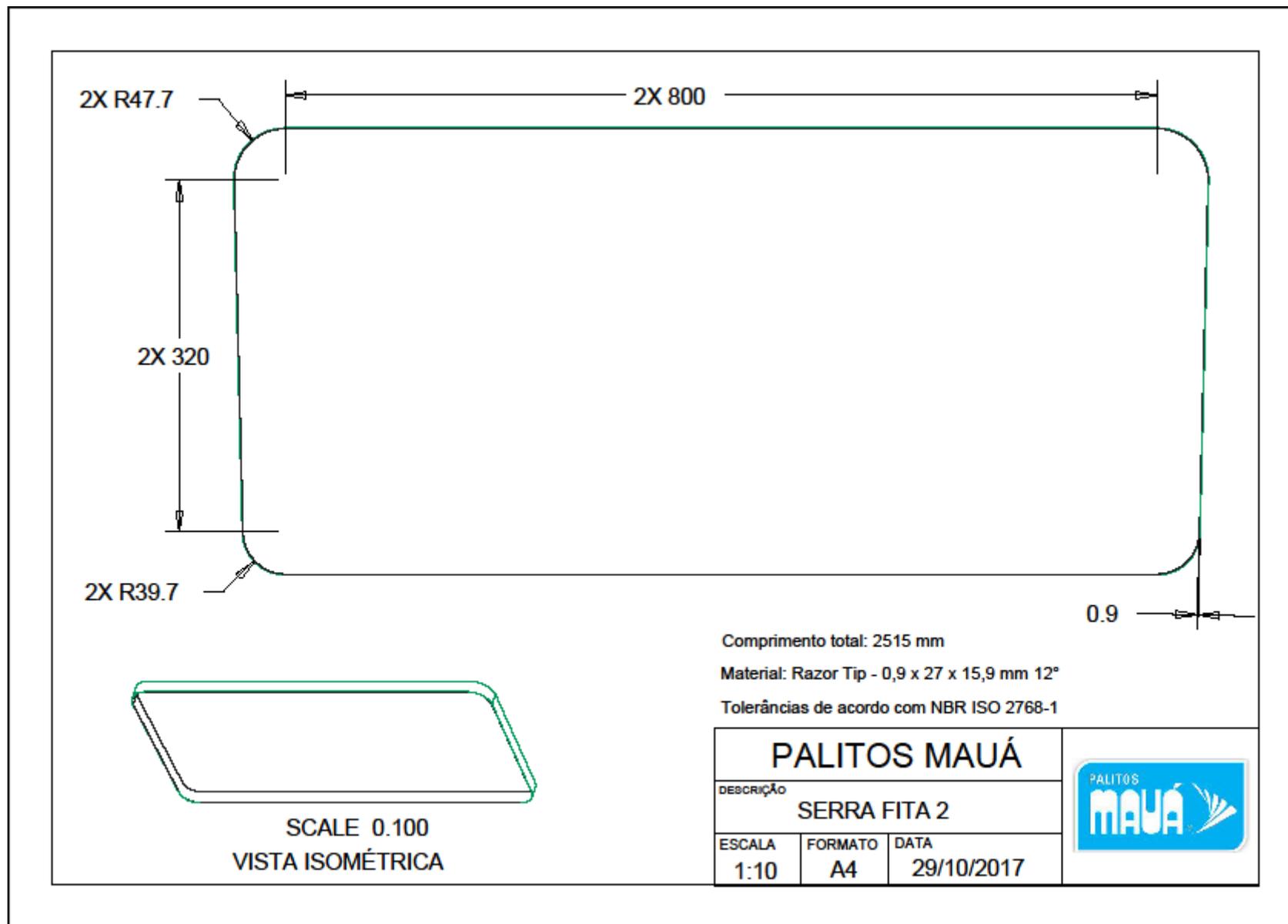
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
POLIA REGULAGEM 1			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	22/10/2017	







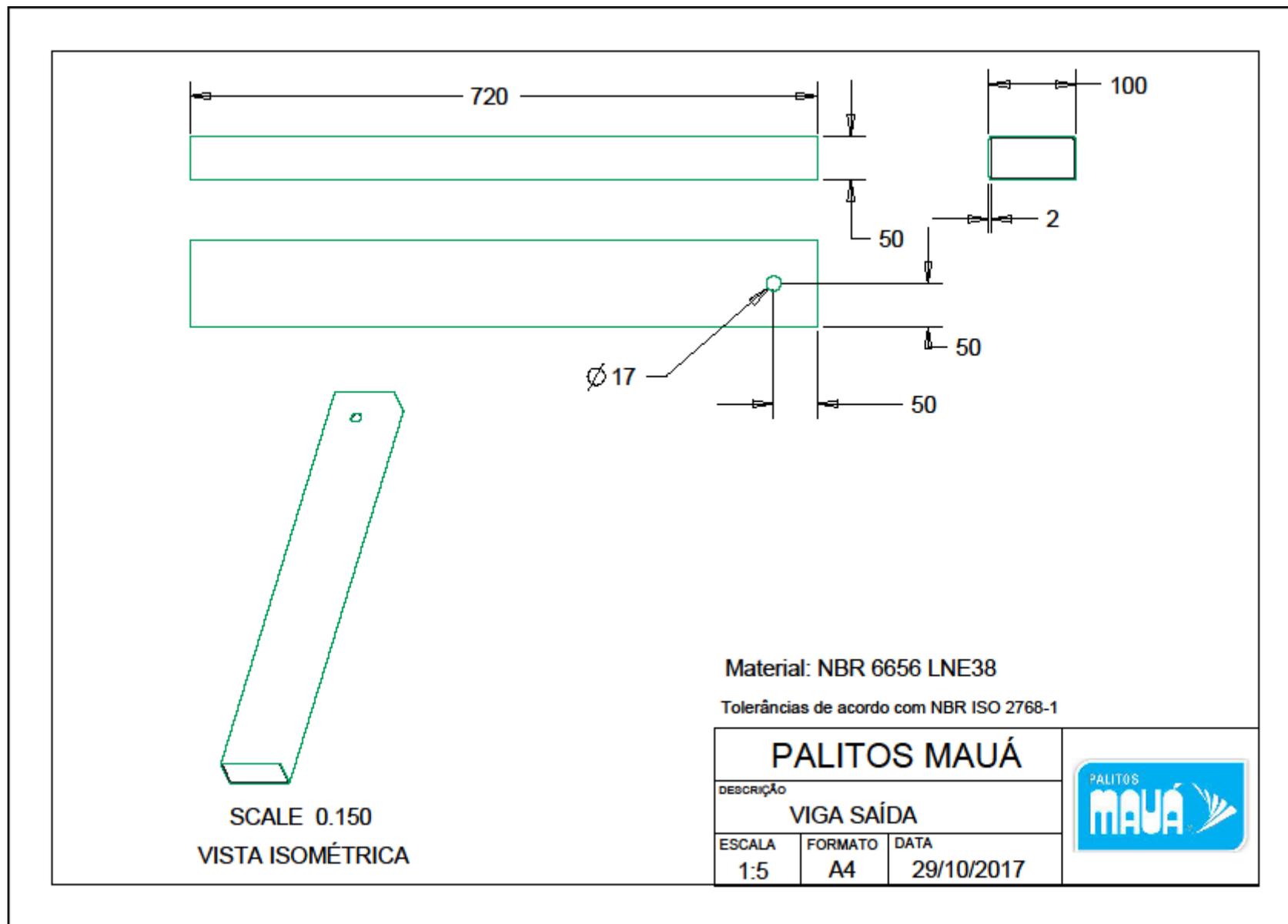


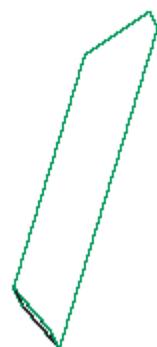
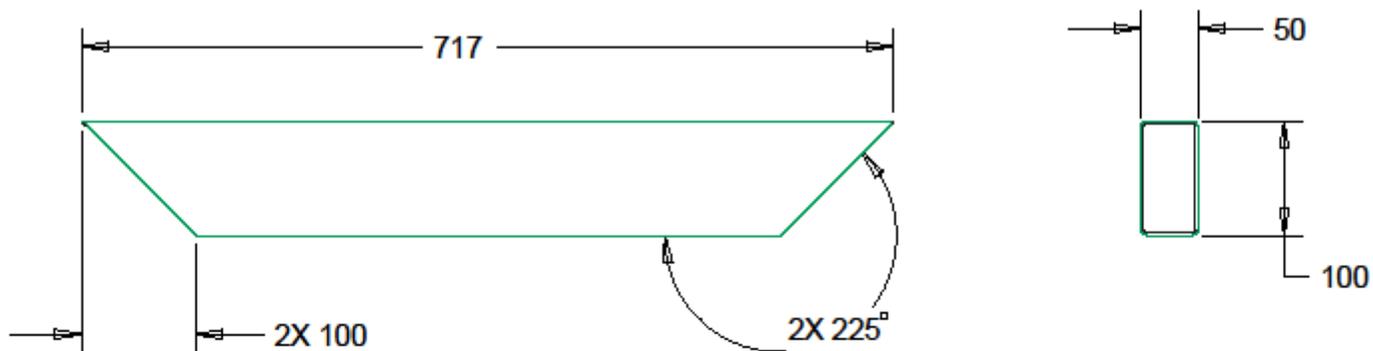




Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
SISTEMA DE SAÍDA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	02/11/2017	





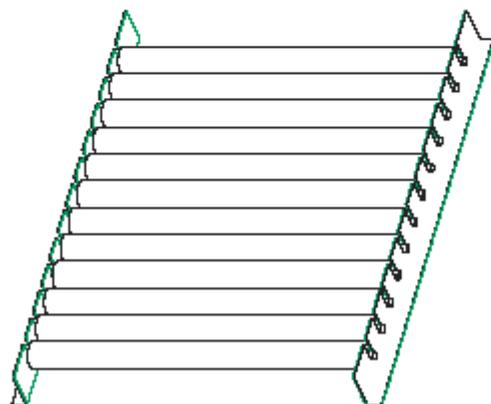
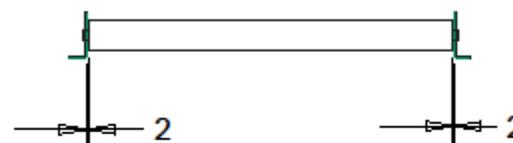
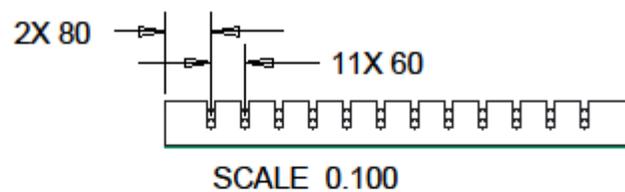
SCALE 0.100

VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO VIGA REFORÇO SAÍDA			
ESCALA 1:5	FORMATO A4	DATA 29/10/2017	



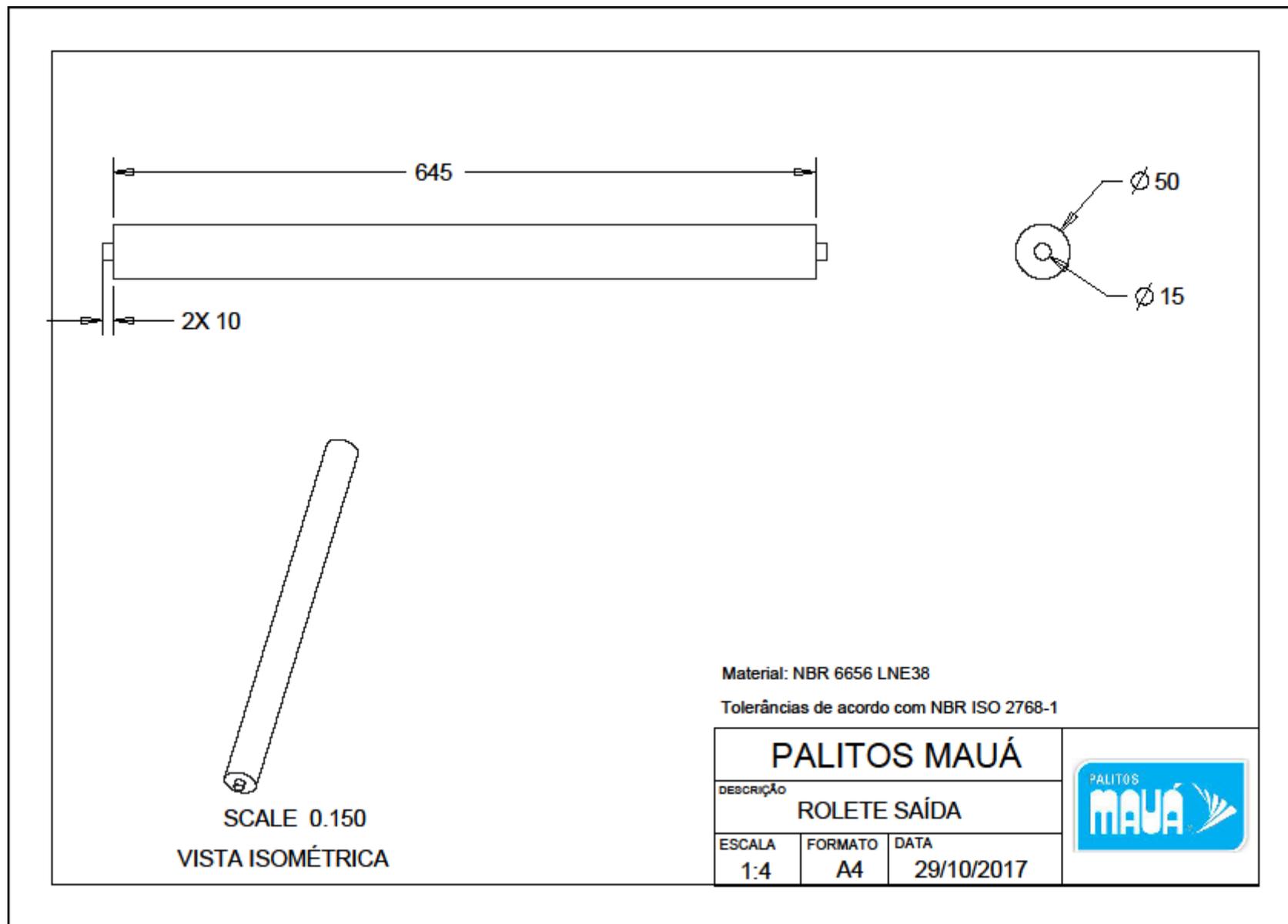
VISTA ISOMÉTRICA

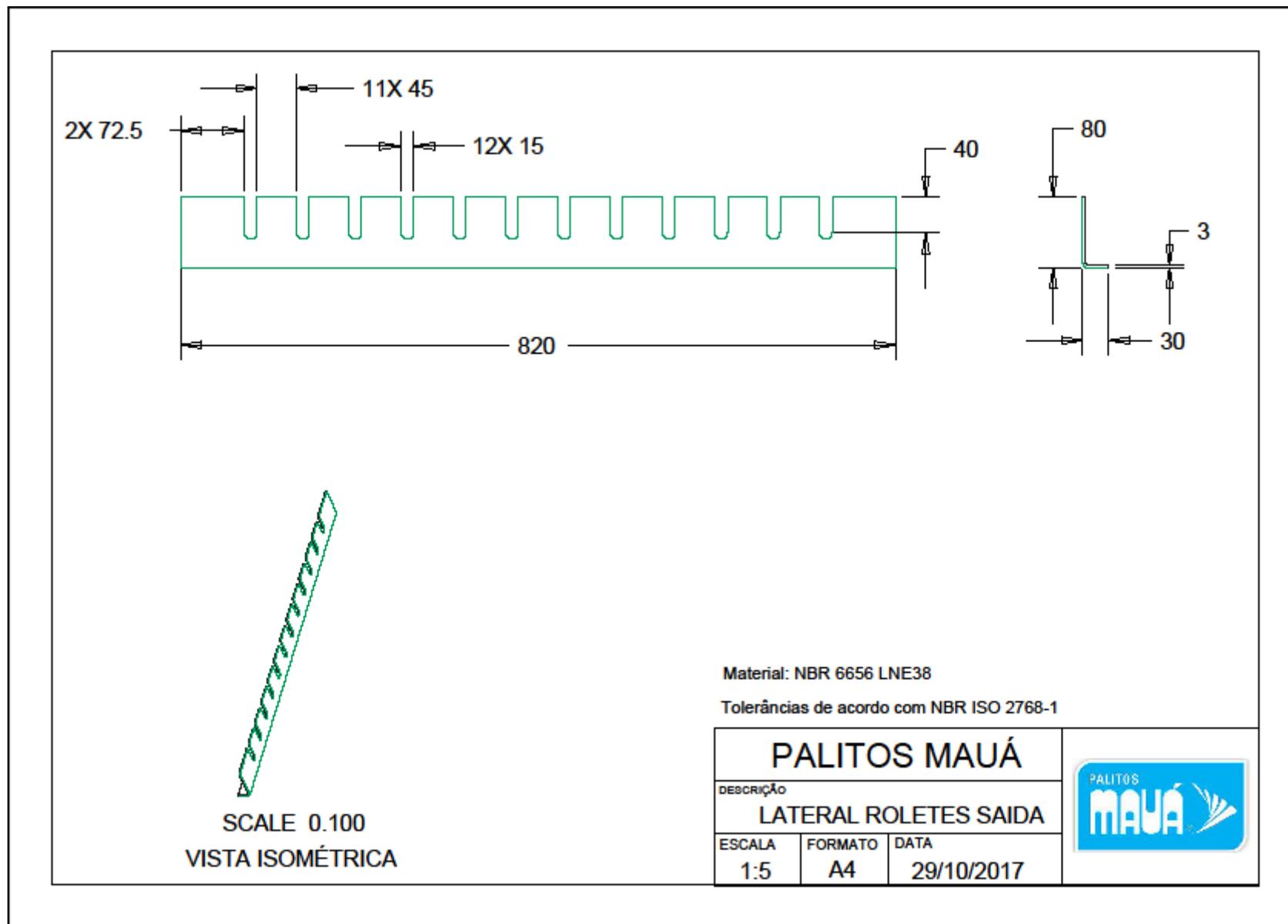
Descrição	QTD
Lateral	2
Rolete	12

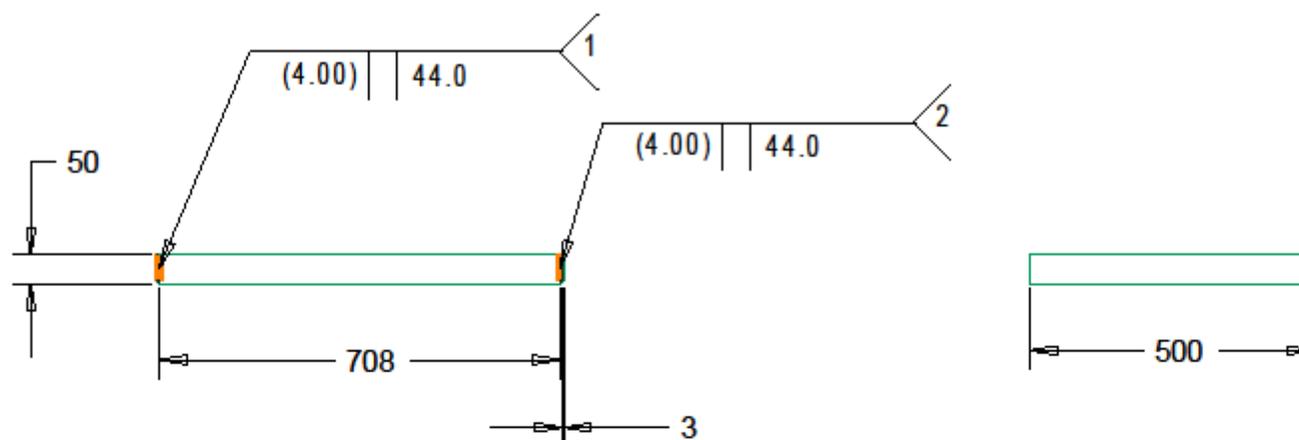
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ		
DESCRIÇÃO		
SAÍDA DE CORTE		
ESCALA	FORMATO	DATA
1:10	A4	29/10/2017







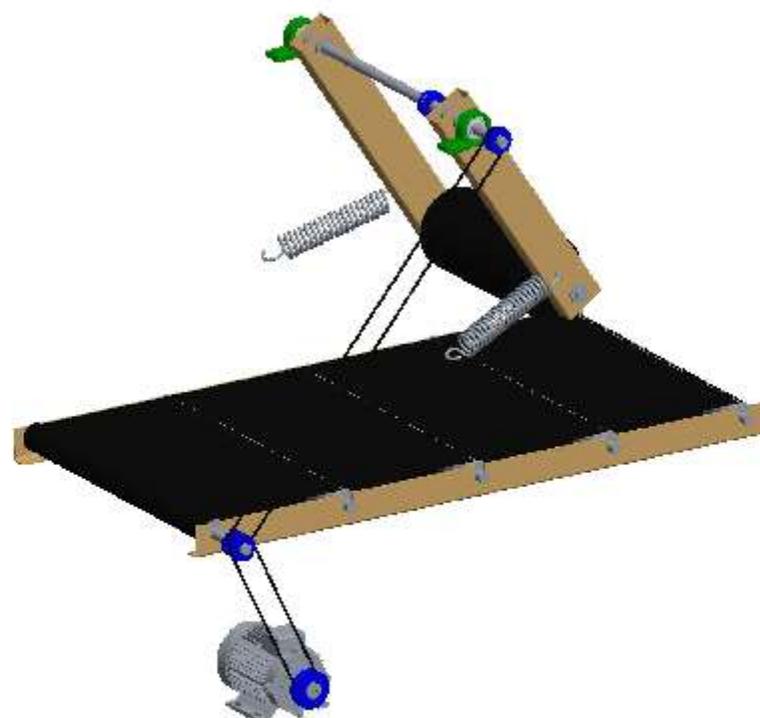


VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

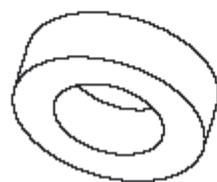
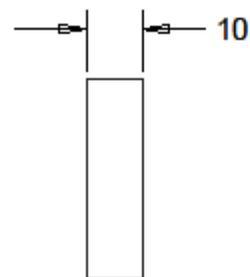
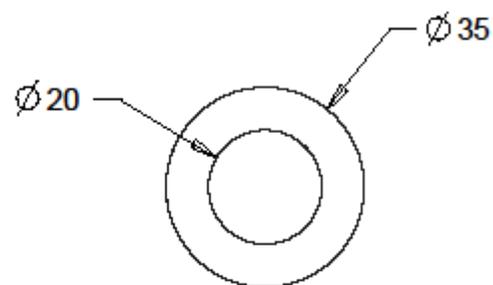
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
ACOMODAÇÃO			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	29/10/2017	



SCALE 0.100

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
SISTEMA DE ENTRADA			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	02/11/2017	

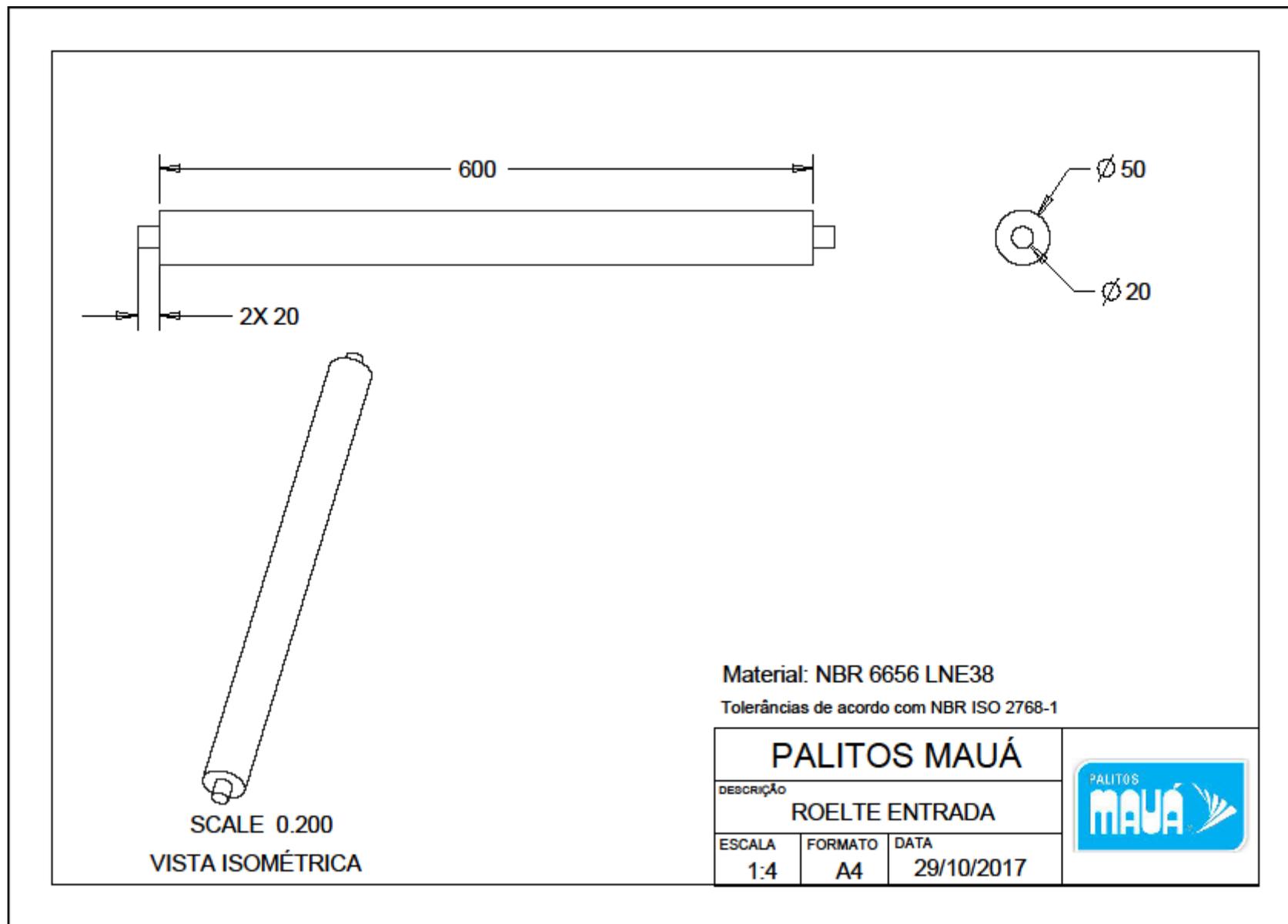


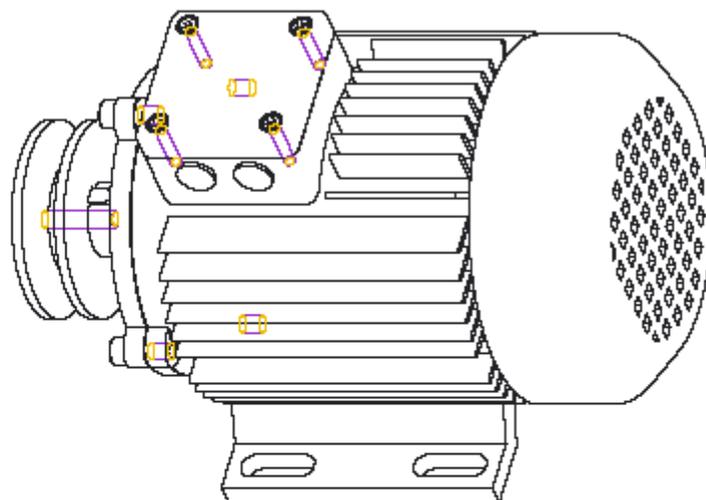
VISTA ISOMÉTRICA

Especificação: W 61804 R-2Z

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO ROLAMENTO			
ESCALA 1:1	FORMATO A4	DATA 29/10/2017	

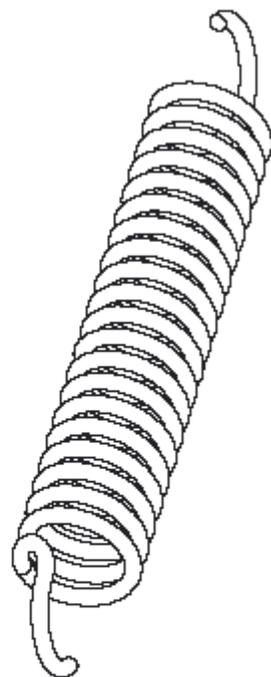




Especificação: WEG, W22 IR2 0.5CV Trifásico 220/380V

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

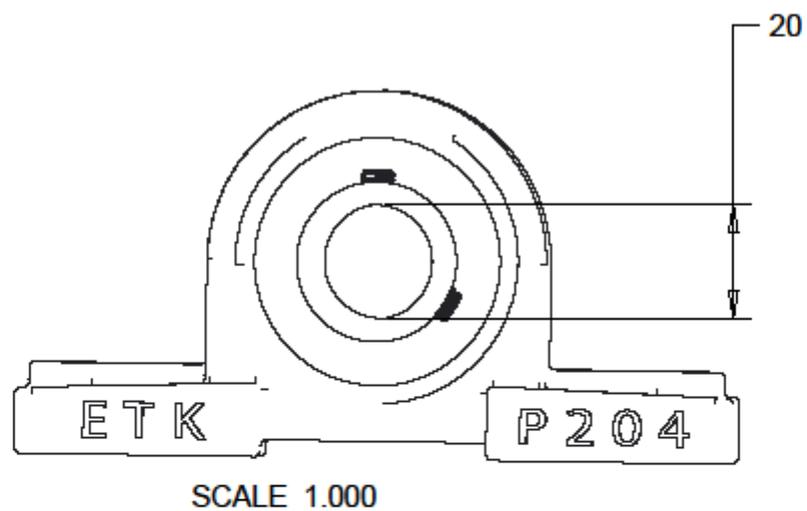
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
MOTOR TRANSPORTE			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	29/10/2017	



Especificação: SPEC32001016

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

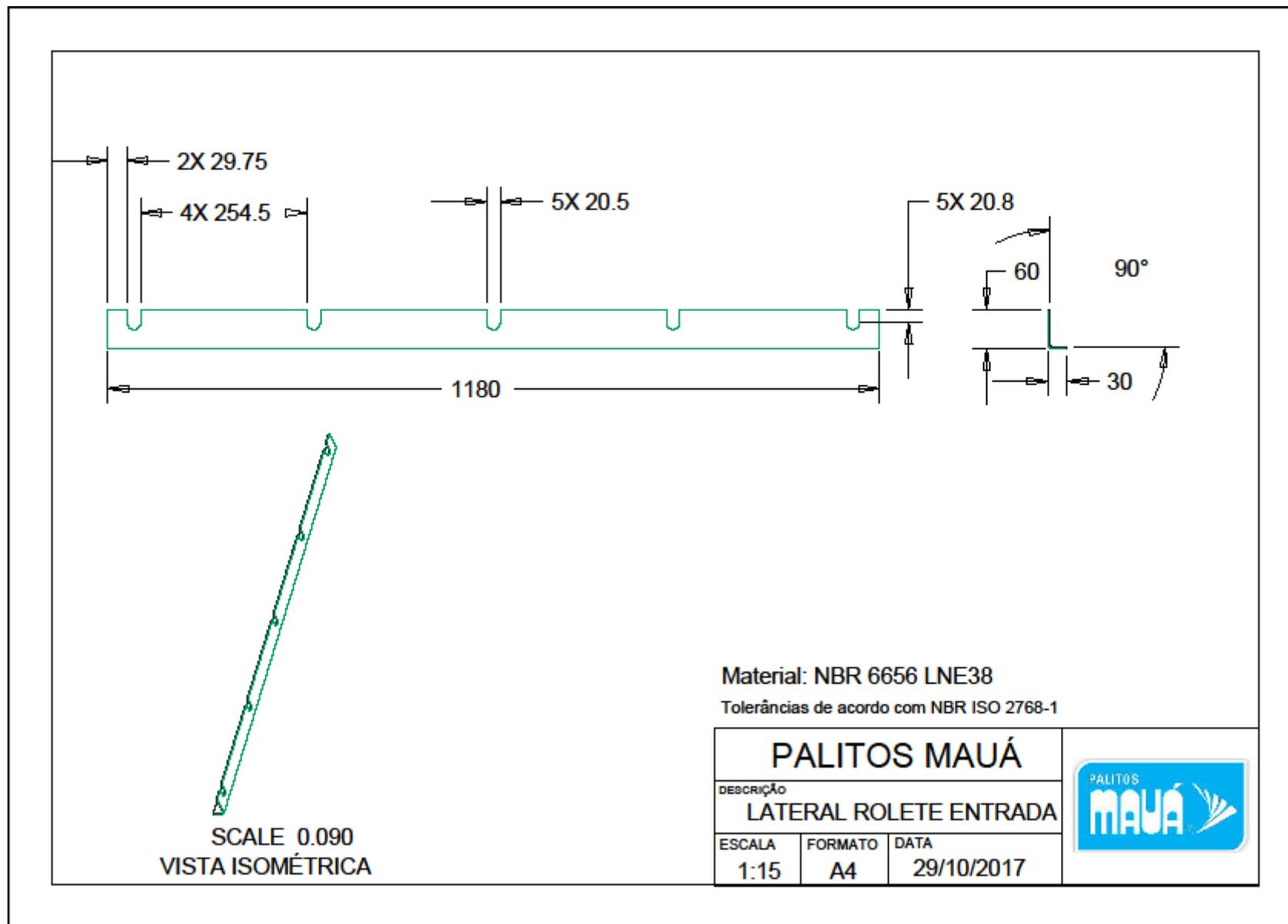
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
MOLA TRAÇÃO			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	29/10/2017	

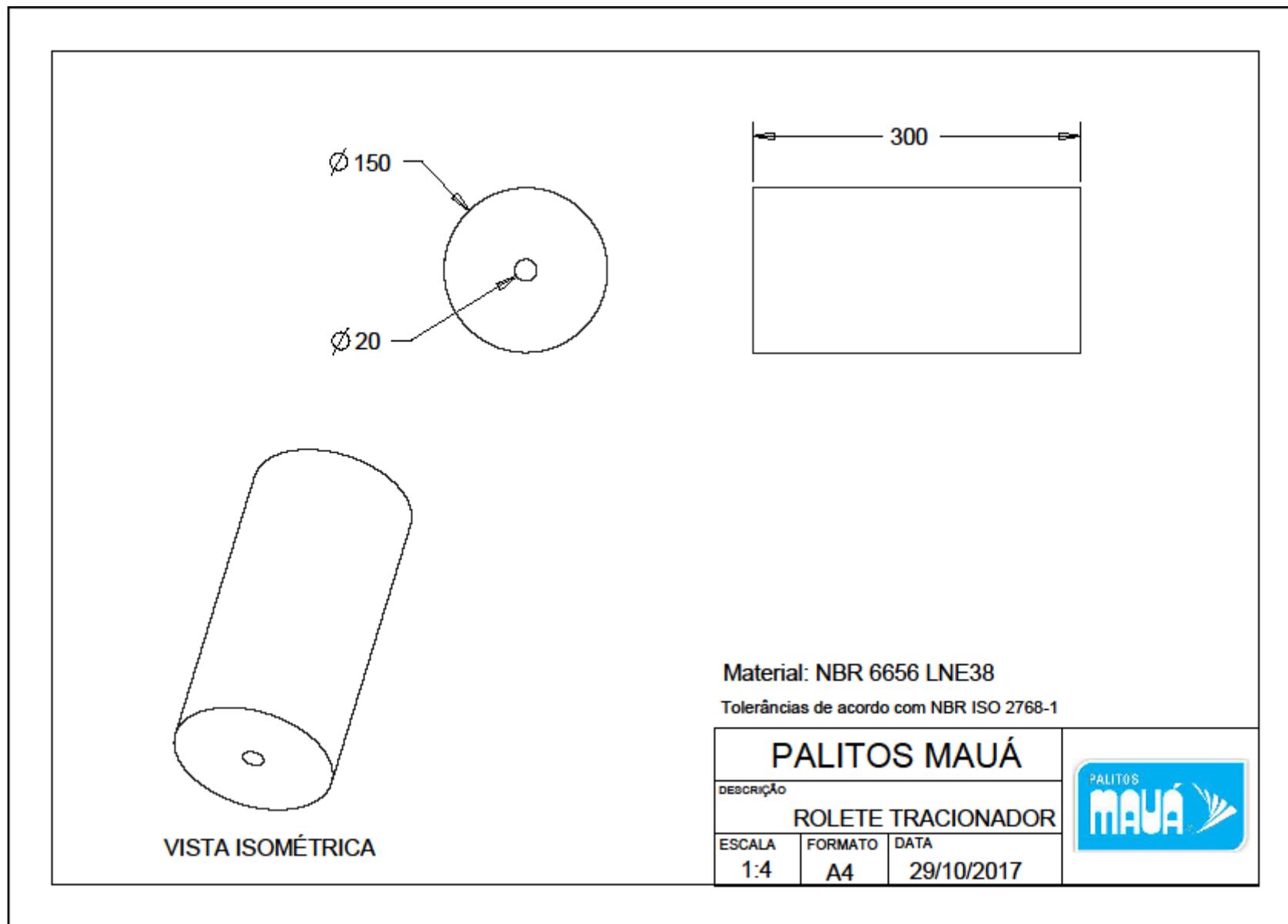


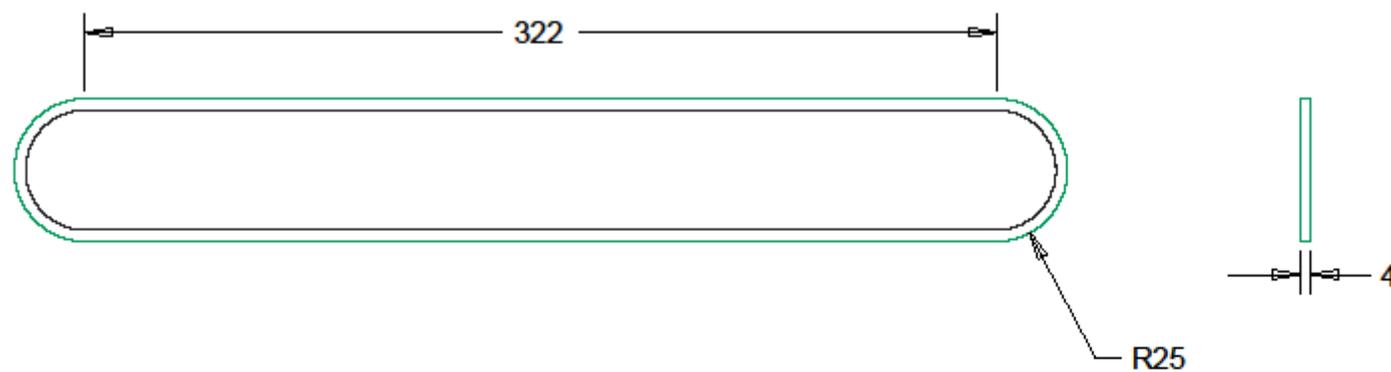
Especificação: SNL 505 1205K

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
MANCAL 20			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:1	A4	29/10/2017	







SCALE 0.200
VISTA ISOMÉTRICA

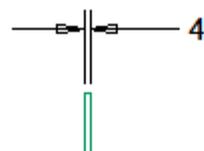
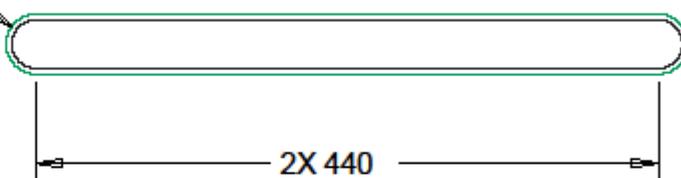
Comprimento: 801 mm

Especificação: Super HC - 3VX - 322

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
CORREIA ACIONAMENTO TRANSPORTE			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:2	A4	29/10/2017	

2X R21



Comprimento: 1012mm

Especificação: Super HC - 3VX - 440

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1



VISTA ISOMÉTRICA

PALITOS MAUÁ

DESCRIÇÃO

CORREIA TENSÃO

ESCALA

1:4

FORMATO

A4

DATA

29/10/2017





Comprimento: 1857 mm

Especificação: Super HC - 3VX - 845

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1



SCALE 0.100

VISTA ISOMÉTRICA

PALITOS MAUÁ

DESCRIÇÃO

CORREIA INTERMEDIARIA

ESCALA

1:5

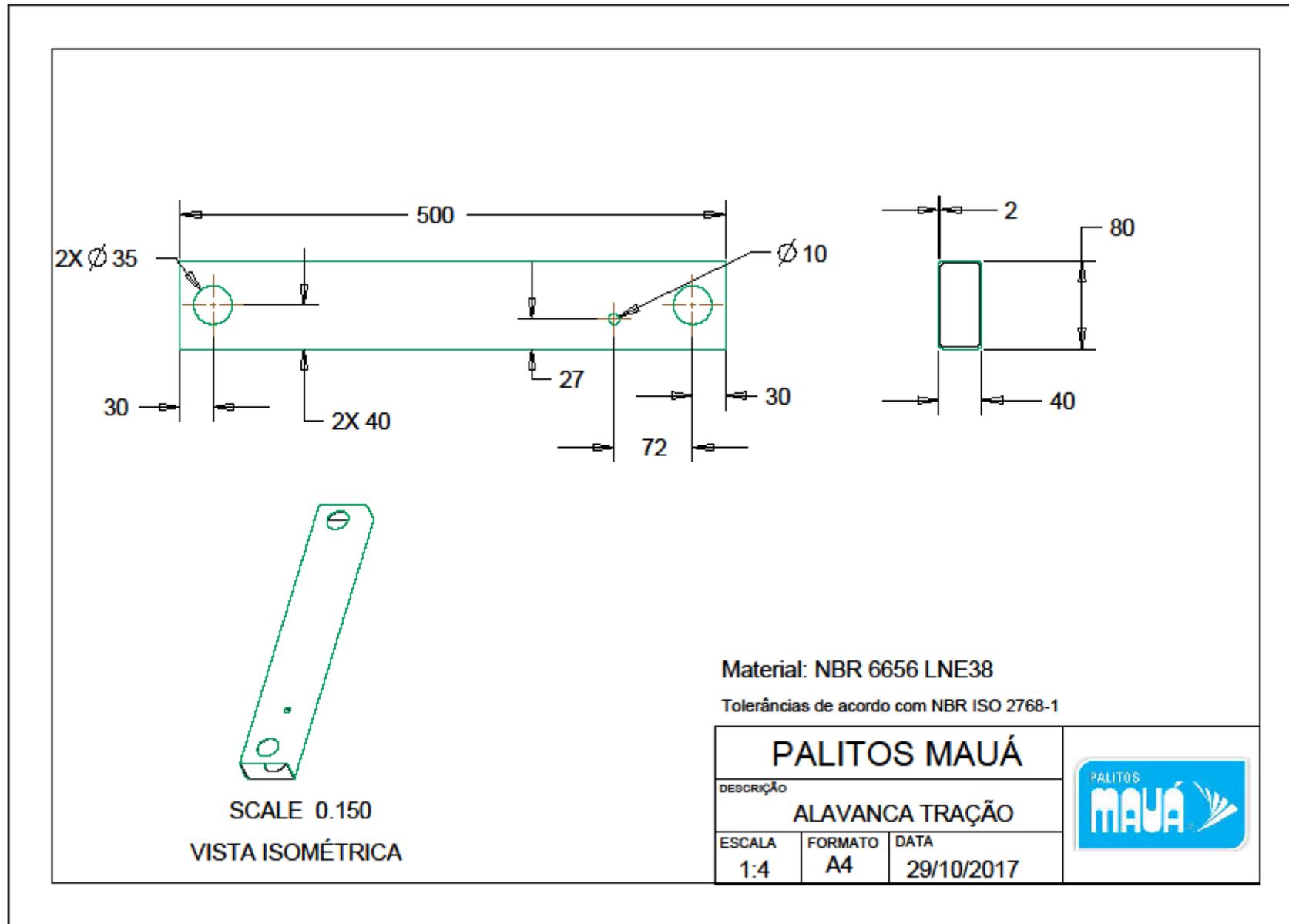
FORMATO

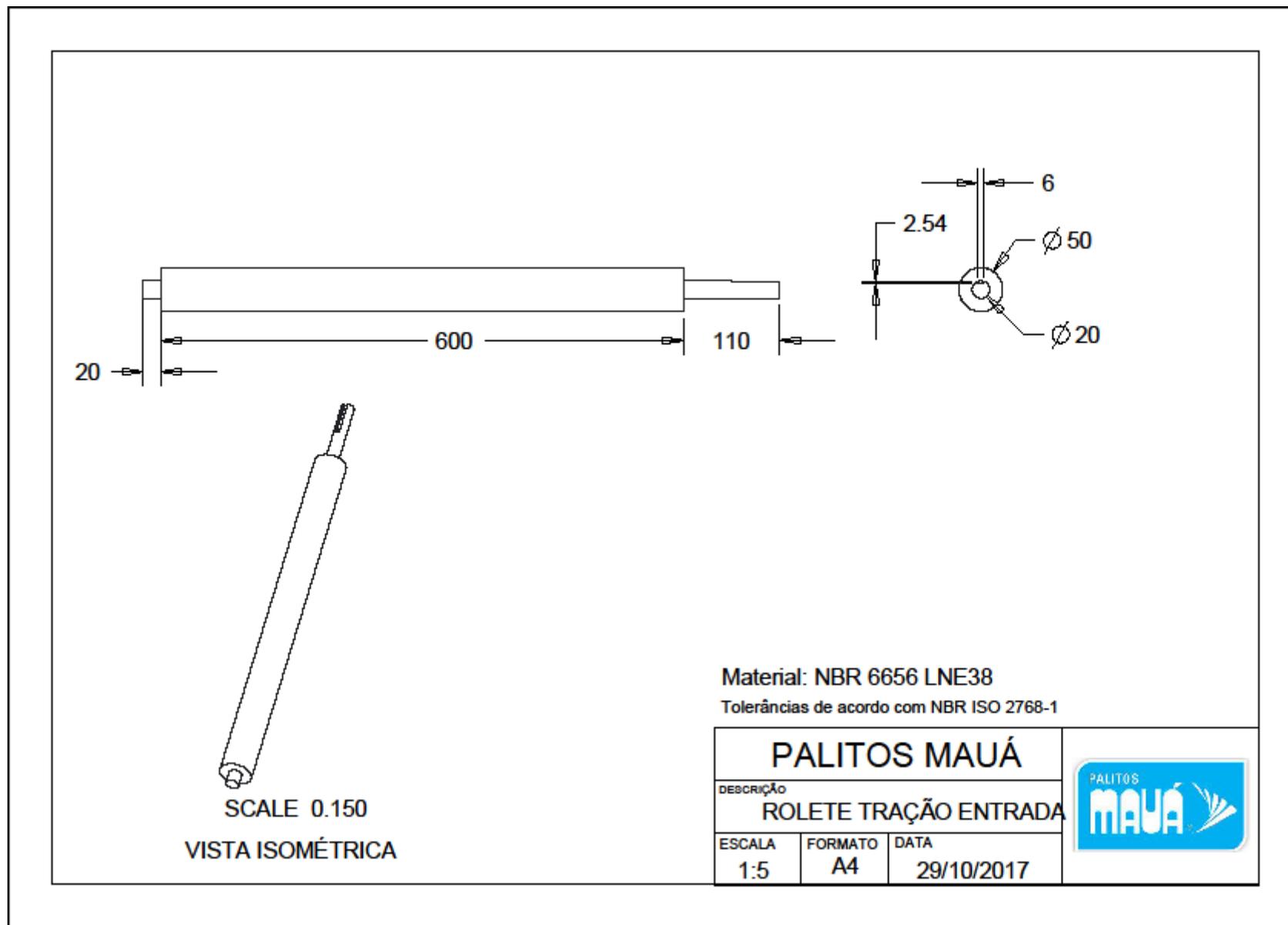
A4

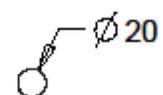
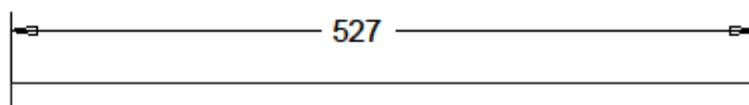
DATA

29/10/2017







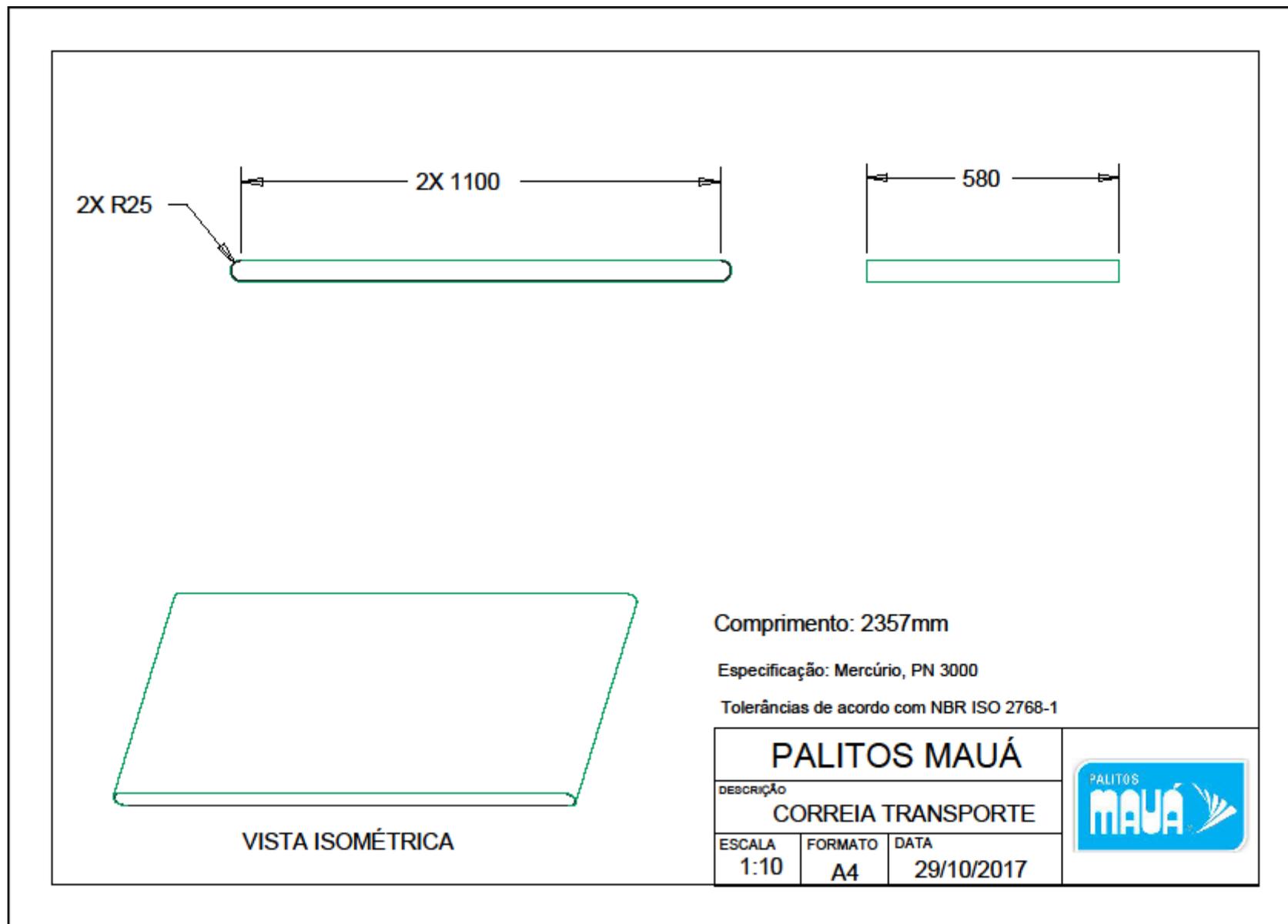


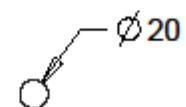
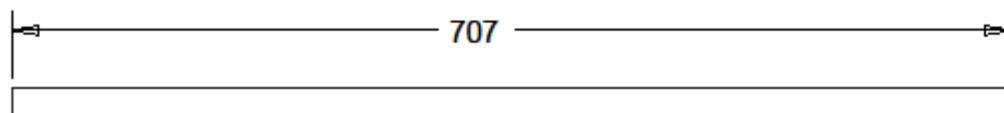
SCALE 0.200
VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO EIXO TRACIONADOR			
ESCALA 1:4	FORMATO A4	DATA 29/10/2017	



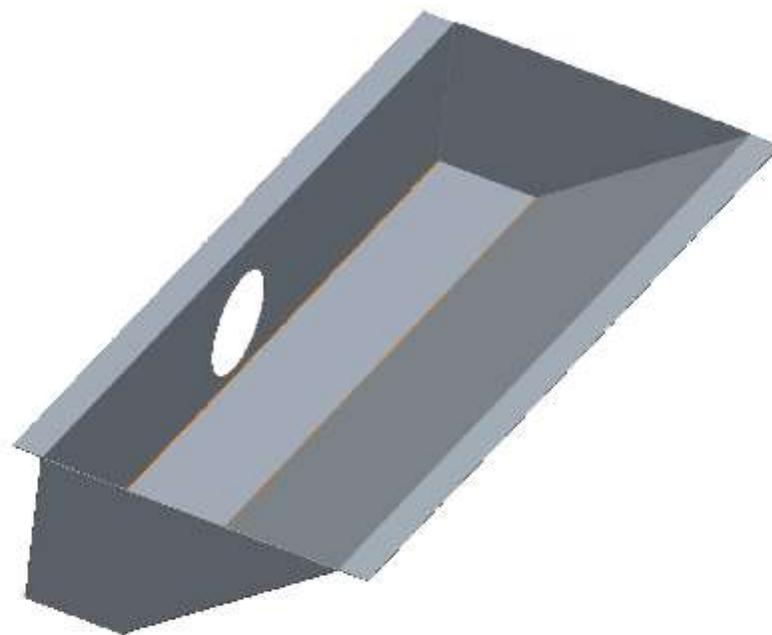


SCALE 0.100
VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

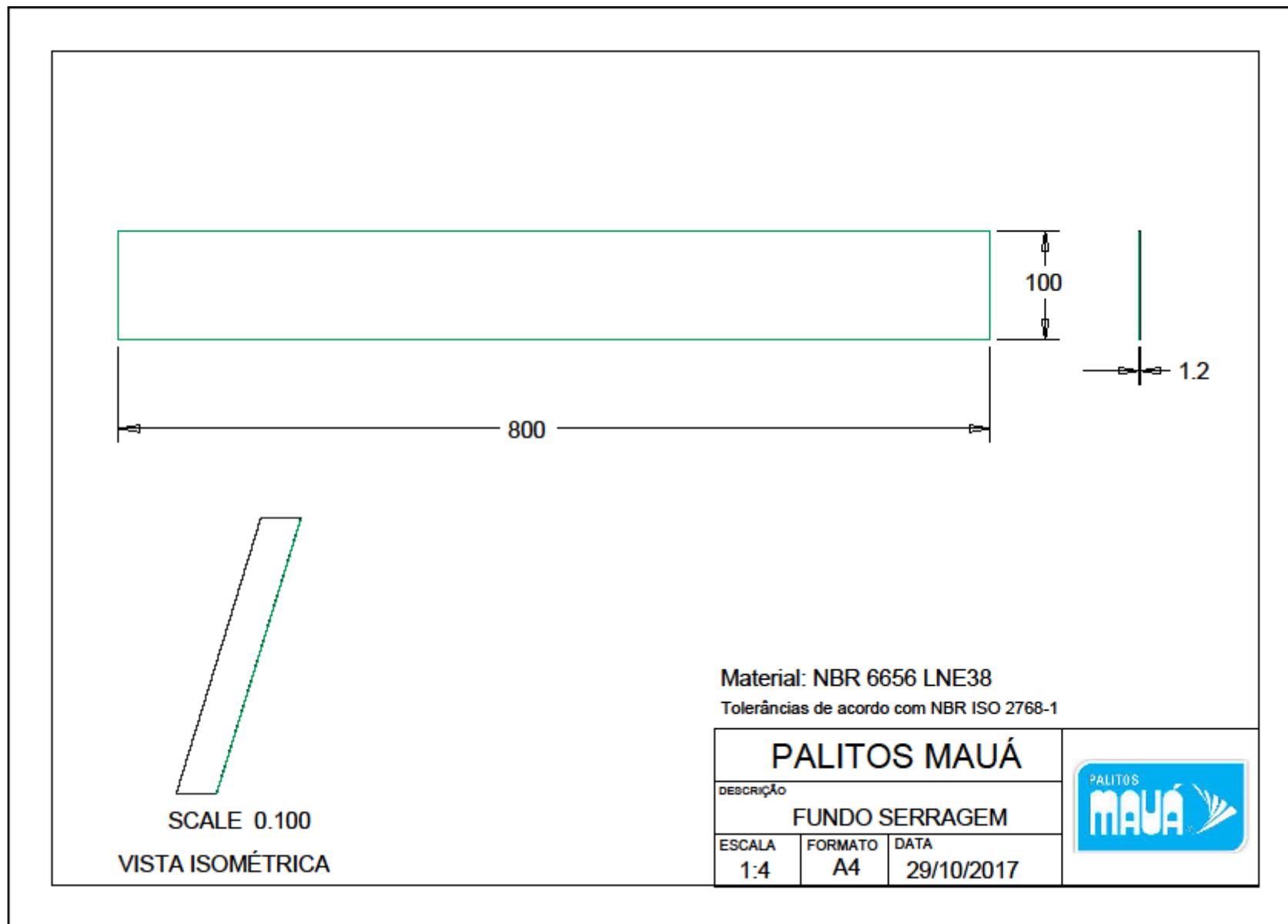
Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

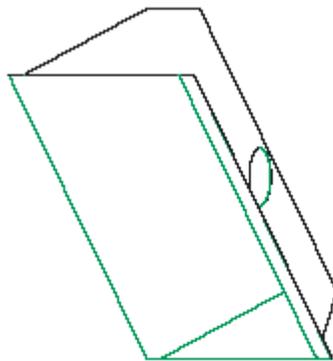
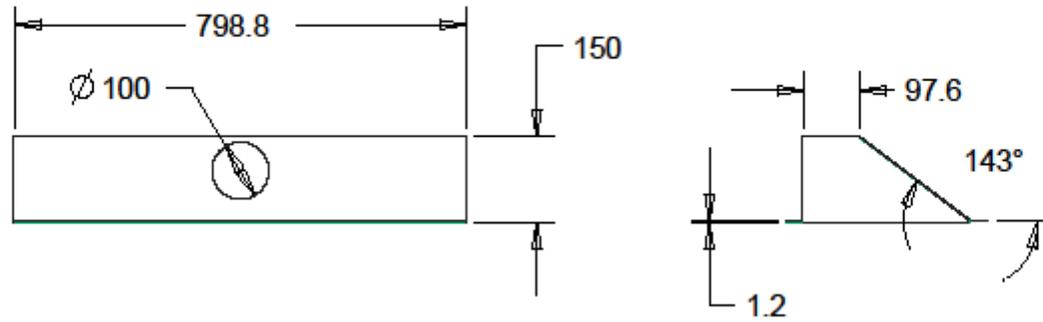
PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
EIXO TRAÇÃO			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:4	A4	29/10/2017	



Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
SISTEMA DE SERRAGEM			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:5	A4	02/11/2017	





SCALE 0.100

VISTA ISOMÉTRICA

Material: NBR 6656 LNE38

Tolerâncias de acordo com NBR ISO 2768-1

PALITOS MAUÁ			
DESCRIÇÃO			
SERRAGEM			
ESCALA	FORMATO	DATA	
1:10	A4	29/10/2017	

ANEXO A — DIMENSIONAMENTO DAS CORREIAS E POLIAS



Desenho de Correia Industrial - Relatório Detalhado da Transmissão Design Flex® Pro by the Gates Corporation

Projetado para:		Fornecido por: Anderson Halmann Palitos Maua ah001739@fahor.com.br 99668983 Telefone		
Aplicação: Projeto #1				
ENTRADA	Informação da Transmissão	Motora	Movida	
Relação de Velocidade:	4,57 Acima	RPM:	1750,0	8000,0 +4%/-0%
Potência do Motor:	22,24 kW, Eficiência: 92,00%	Diâmetro do Eixo:	200 mm	43 mm
Fator de Serviço:	1,2	Buchas Checadas:	QD, Não MPB	
Potência do Projeto:	26,69 kW	Correias Verificadas:	Super HC	
Distância entre Centros:	306 para 374 mm			PowerBand
Motor Standards:	Motor Elétrico			
Transmissão Selecionada:				
Tipo da Correia:	Super HC - 3VX	Correia	Motora	Movida
Relação de Velocidade:	4,73 Acima	Total # Canais/Ribs:	4	
dN RPM:	8275,4	Código:	1-4/3VX560	QD4/3V14.00
Carga Avaliada:	23,99 kW	Produto Código:	9388-4056	7872-4140
ODR:	0,90	Largura Superior:	--	48,41 mm
Tensão na Correia:	1214 N	Peso	427 g	12 kg.m2
Distância entre Centros:	343,2 mm	Velocidade periférica da Correia:	32,5 m/s	32,6 m/s
Instala/Tensiona	307,7 mm para 373,7 mm	RPM:	1369,4	1750,0
		Bucha Código:	--	SK
		Bucha Código:	--	7838-4008
		Furo:	--	12,7 - 66,7 mm
		Parafuso Torque	--	12,7 - 42,9 mm
		Diâmetro Primitivo:	--	20 N-m
				12 N-m
				354,3 mm
				74,93 mm
Tensão	Correia Nova	Correia Usada		
Tensão Estática (por canal)	285 para 306 N	245 para 265 N		
Pull Belt estática (tração total de):	2085 para 2234 N	1788 para 1936 N		
Rib / Canal Distância Deflexão:	5,00 mm	5,00 mm		
Rib / Canal Força Deflexão:	1,9 para 2,1 Kg.m2	1,7 para 1,8 Kg.m2		
Medidor de Tensão Sonic:	1142 para 1223 N	978 para 1060 N		
Frequência da Correia:	105 para 109 Hz	97 para 101 Hz		
Multiplicador Powerband:	1,0058 para 1,0062	1,0050 para 1,0054		
			Sonic Modelo 507C/508C Parâmetros: Massa 65,25g/m, Largura 4 mm/#R, Vão 314 mm	

Fonte: Gates

ANEXO B — PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS



2 - PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS NAS CONDIÇÕES DE LAMINADO NORMALIZADO E RECOZIDO

Qualidade		Condição	Temperatura de austenitização (°C)	Resist. à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Alongamento (%)	Redução de área (%)	Dureza (HB)	Impacto (J)
GERDAU	AISI(1)								
1015	1015	Laminado	-	420	315	39,0	61	126	111
		Normalizado	925	425	325	37,0	70	121	115
		Recozido	870	385	285	37,0	70	111	115
1020	1020	Laminado	-	460	330	36,0	59	143	87
		Normalizado	870	440	345	35,8	68	131	118
		Recozido	870	395	295	36,5	66	111	123
1030	1030	Laminado	-	560	345	32,0	57	179	75
		Normalizado	925	525	345	32,0	61	149	94
		Recozido	845	460	345	31,2	58	126	69
1040	1040	Laminado	-	620	415	25,0	50	201	49
		Normalizado	900	595	370	28,0	55	170	65
		Recozido	790	520	350	30,2	57	149	45
1050	1050	Laminado	-	725	415	20,0	40	229	31
		Normalizado	900	750	430	20,0	39	217	27
		Recozido	790	635	365	23,7	40	187	18
1060	1060	Laminado	-	815	485	17,0	34	241	18
		Normalizado	900	775	420	18,0	37	229	14
		Recozido	790	625	370	22,5	38	179	11
1080	1080	Laminado	-	965	585	12,0	17	293	7
		Normalizado	900	1015	525	11,0	21	293	7
		Recozido	790	615	380	24,7	45	174	7
1095	1095	Laminado	-	965	570	9,0	18	293	4
		Normalizado	900	1015	505	9,5	14	293	5
		Recozido	790	655	380	13,0	21	192	3
1117	1117	Laminado	-	490	305	33,0	63	143	81
		Normalizado	900	470	305	33,5	54	137	85
		Recozido	860	430	285	32,8	58	121	94
1137	1137	Laminado	-	625	380	28,0	61	192	83
		Normalizado	900	670	400	22,5	49	197	64
		Recozido	790	585	345	26,8	54	174	50
1141	1141	Laminado	-	675	360	22,0	38	192	11
		Normalizado	900	710	405	22,7	56	201	53
		Recozido	815	600	355	25,5	49	163	34
1144	1144	Laminado	-	700	420	21,0	41	212	52
		Normalizado	900	670	400	21,0	40	197	43
		Recozido	790	585	345	28,8	41	167	65

Fonte: Gerdau