



Centro Universitário FEI
Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Mecânica Plena

Agatha Lais Salgueiro Marotti
César Eduardo Cicolani
Gabriel Casarotti dos Santos
Gabriel Garcia de Oliveira
Guilherme Ramires Alves
Hugo Tadashi Tamaru
Luiz Otávio Martinelli Cannizza
Paloma Almeida da Silva

Orientador: Prof Dr Ronaldo Câmara Cozza

APLICAÇÃO DE FREIO MAGNÉTICO NA MONTANHA RUSSA **FIRE WHIP**



AGENDA

- 01 — Objetivo
- 02 — Linha do Tempo
- 03 — Motivação
- 04 — Estudo de Caso
- 05 — Conclusões

01

Objetivos

Objetivos



Sistema de freio magnético para carros de montanha-russa



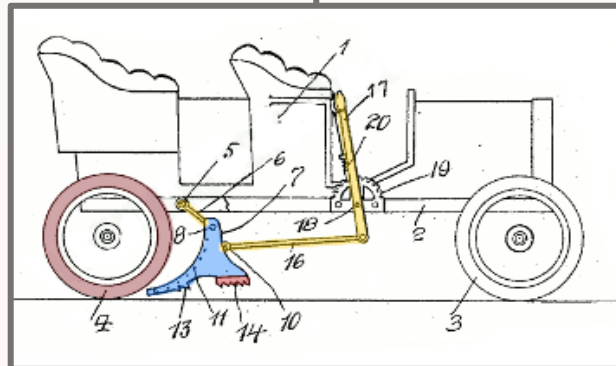
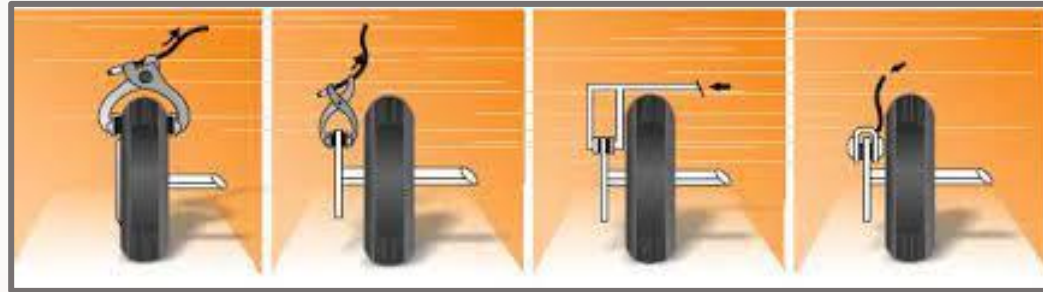
Implementar um tecnologia ainda não aplicada em brinquedos e atrações no Brasil

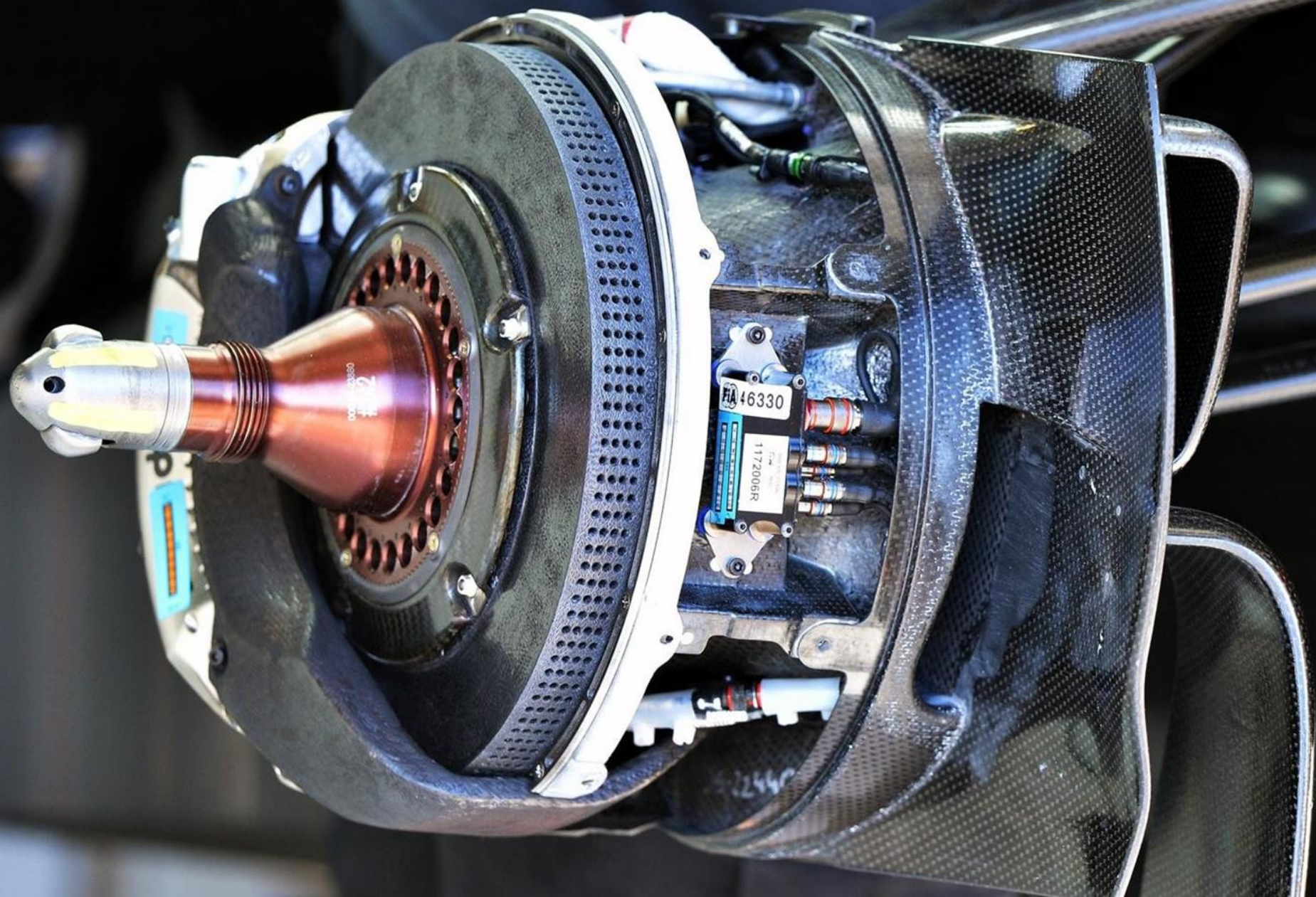
02

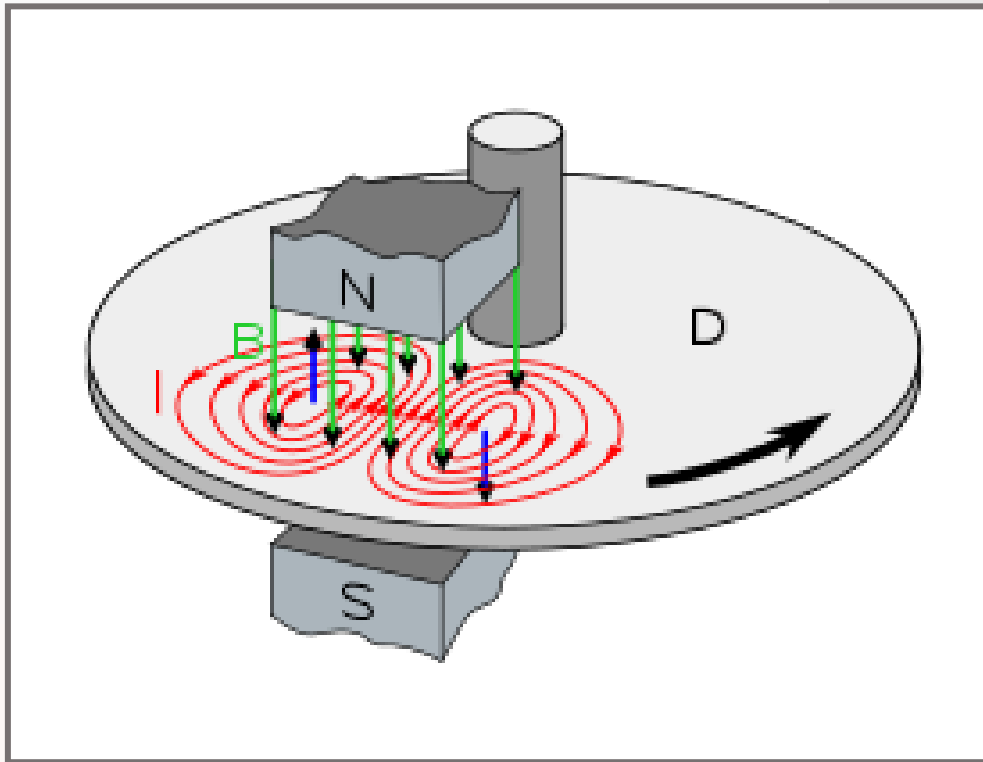
Linha do Tempo

Linha do Tempo

Evolução dos sistemas de frenagem







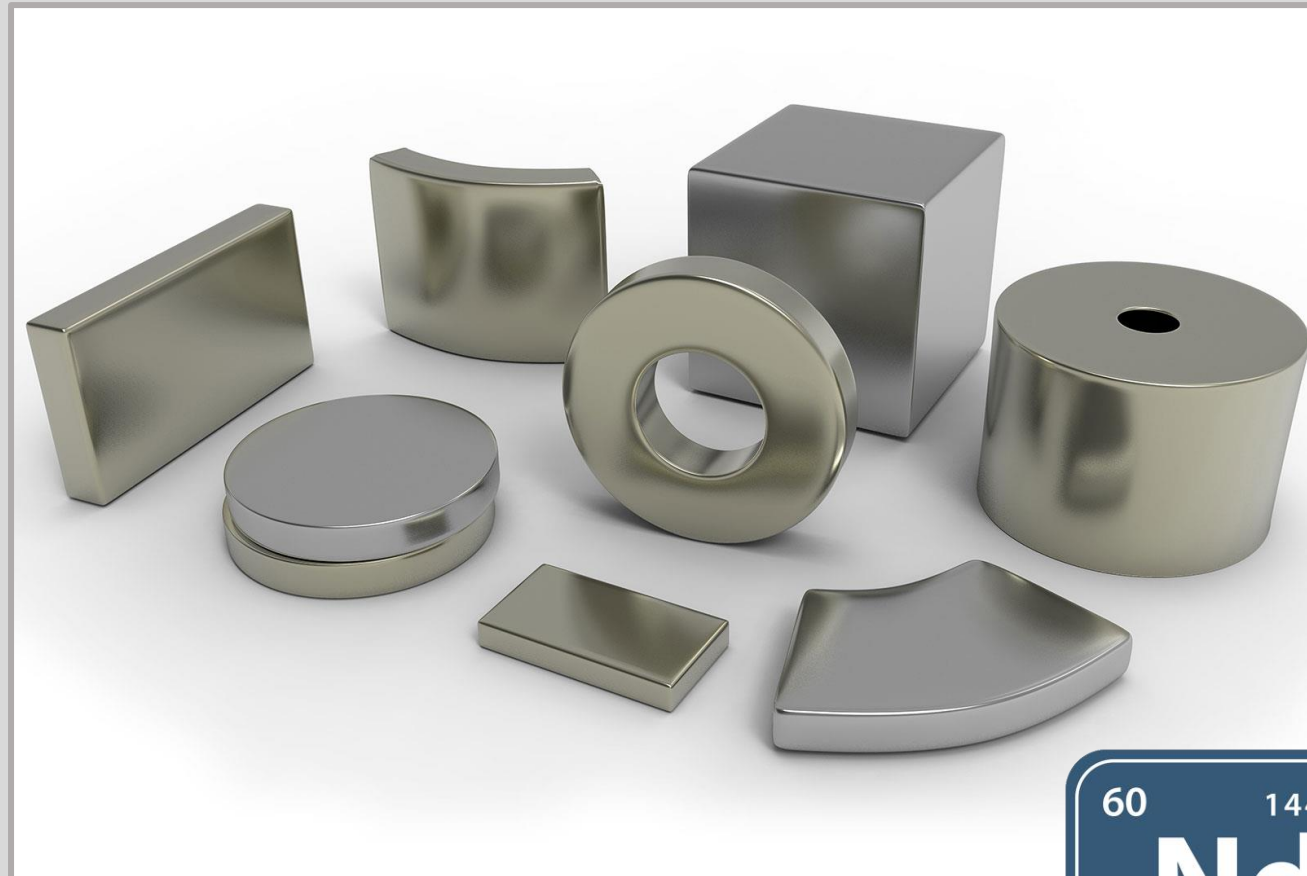
Freio Magnético

FREIO DE FOUCAULT – SÉC XIX

Segundo a lei de Lenz, a direção das correntes de Foucault cria campos magnéticos que se opõem à sua origem.



Imã de Neodímio



Ímã de Neodímio

CUSTO ELEVADO



DIVERSAS APLICAÇÕES



FRAGILIDADE ELEVADA



INVIÁVEL ACIMA DE 80°C



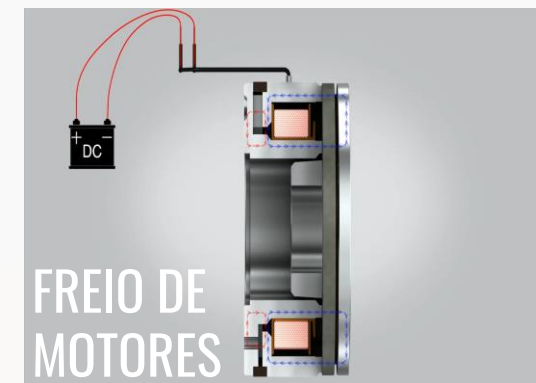
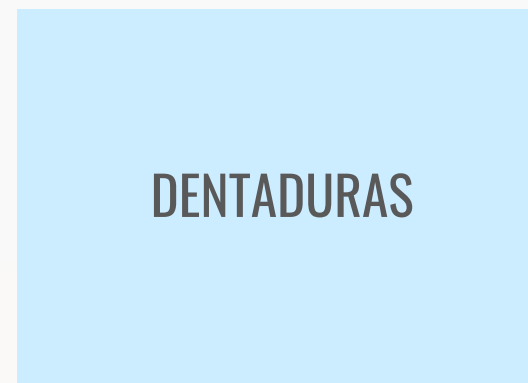
ALTO CAMPO MAGNÉTICO



ALTA FORÇA DE ATRAÇÃO



Aplicações



03

Motivação de Estudo

Fire Whip



FireWhip



FABRICANTE

Vekoma é um fabricante holandês de brinquedos de diversão.



SUZUKA CIRCUIT

Inicialmente, pertencia ao parque Suzuka Circuit, no Japão e foi trazida ao Brasil.



CARACTERÍSTICAS

Possui 690 metros de extensão, 33 metros de altura e velocidade máxima de 80 km/h.



TIPO DE FREIO

Método tradicional de frenagem a pastilhas e precisa de manutenção recorrente.

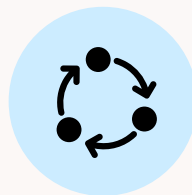


Frenagem atual



COMPRESSORES

Possui um compressor que realiza a abertura dos freios, visto que são normalmente fechados.



SISTEMA REDUNDANTE

Caso o primeiro compressor falhar, existe um segundo compressor que fará a liberação do carro.



GERADOR EXCLUSIVO

A mesma possui um gerador dedicado para realizar o freio e o lift do carro caso ocorra queda de energia durante o percurso.

04

Estudo de Caso

Estudo de Caso

REDUÇÃO DE CUSTO



ELIMINAÇÃO DE RUÍDOS



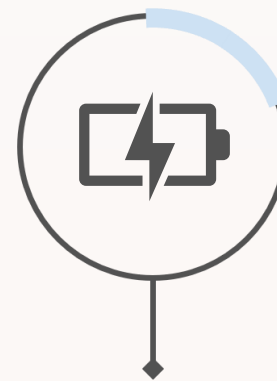
INOVAÇÃO



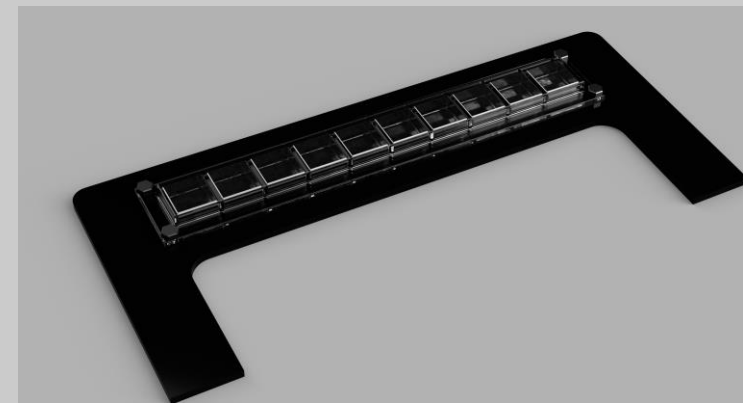
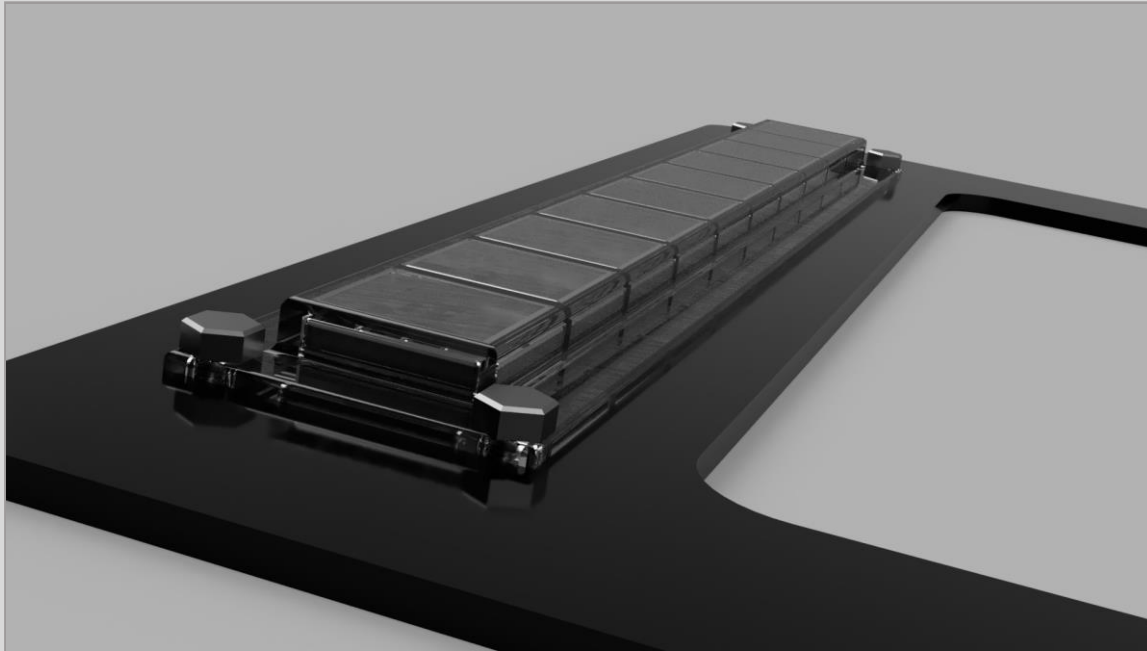
MENOR TAXA DE
MANUTENÇÃO



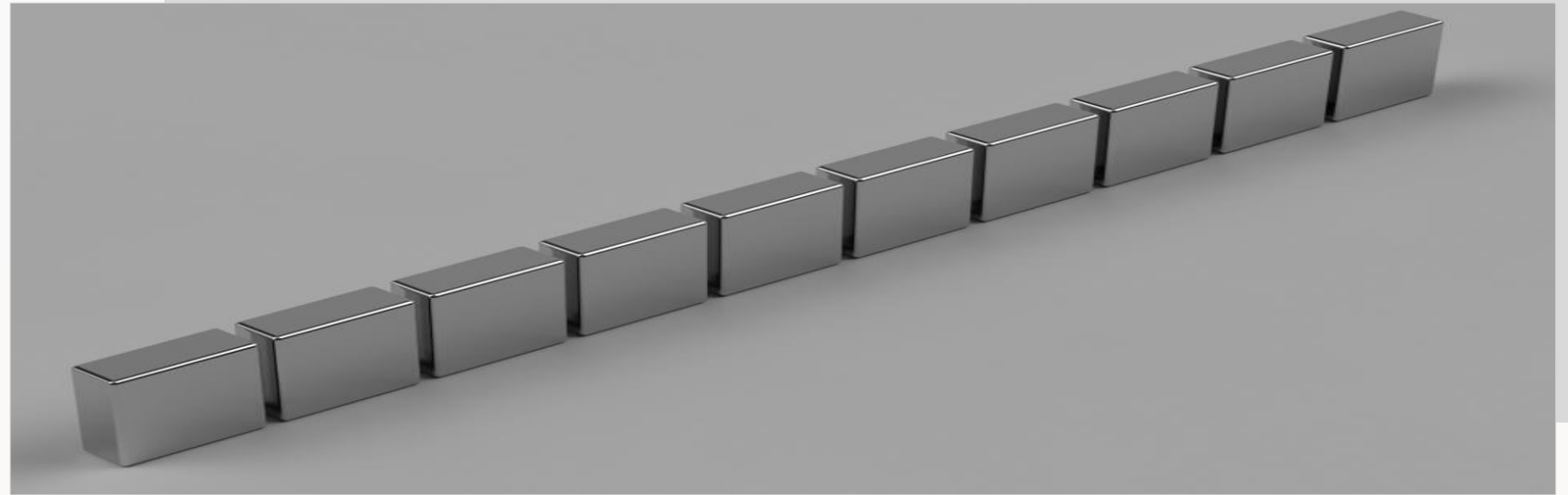
SEM CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA



Sistema de freio Magnético



Conjunto de Ímãs



COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Nd₂Fe₁₄B

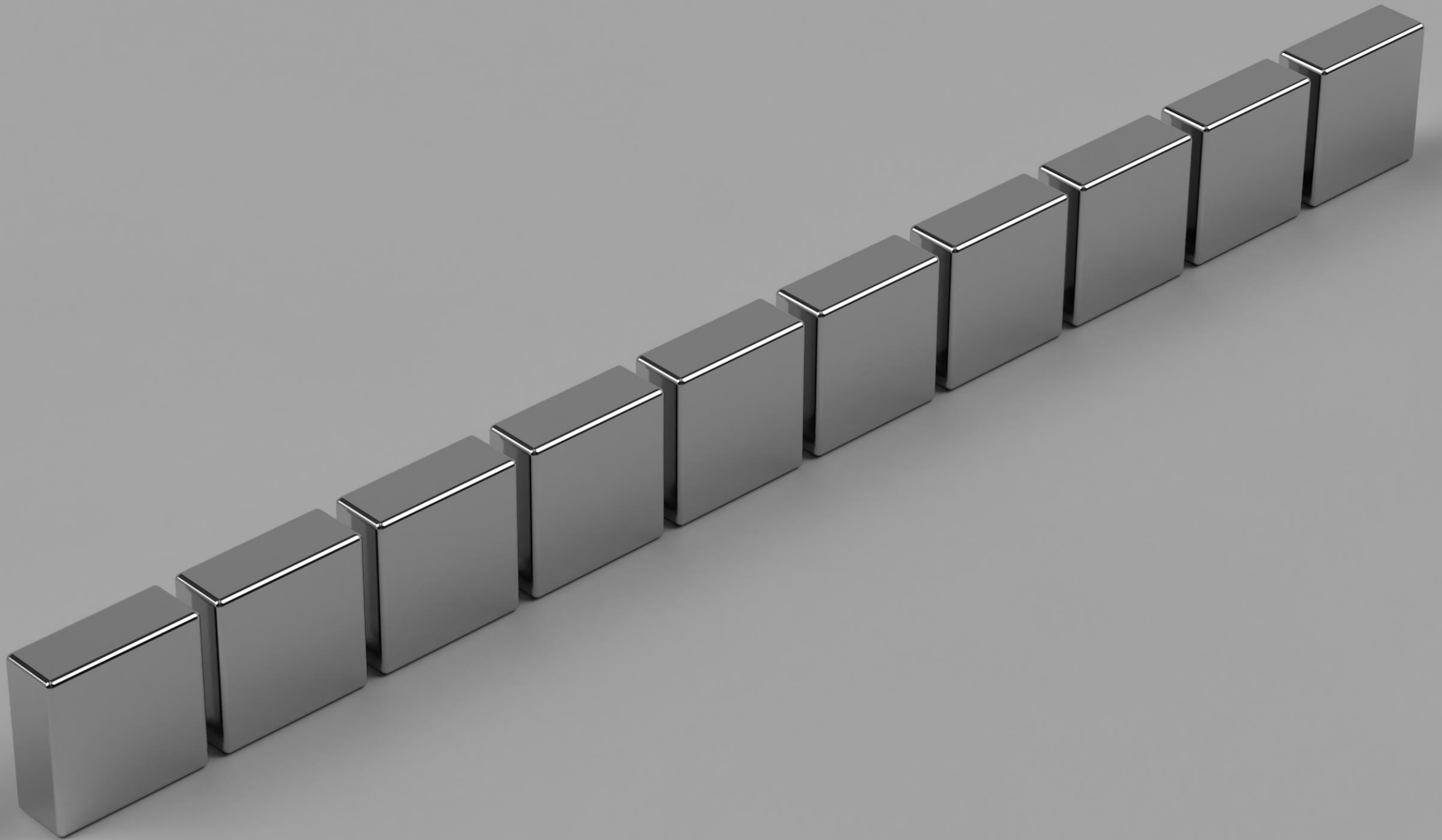
CAMPO MAGNÉTICO

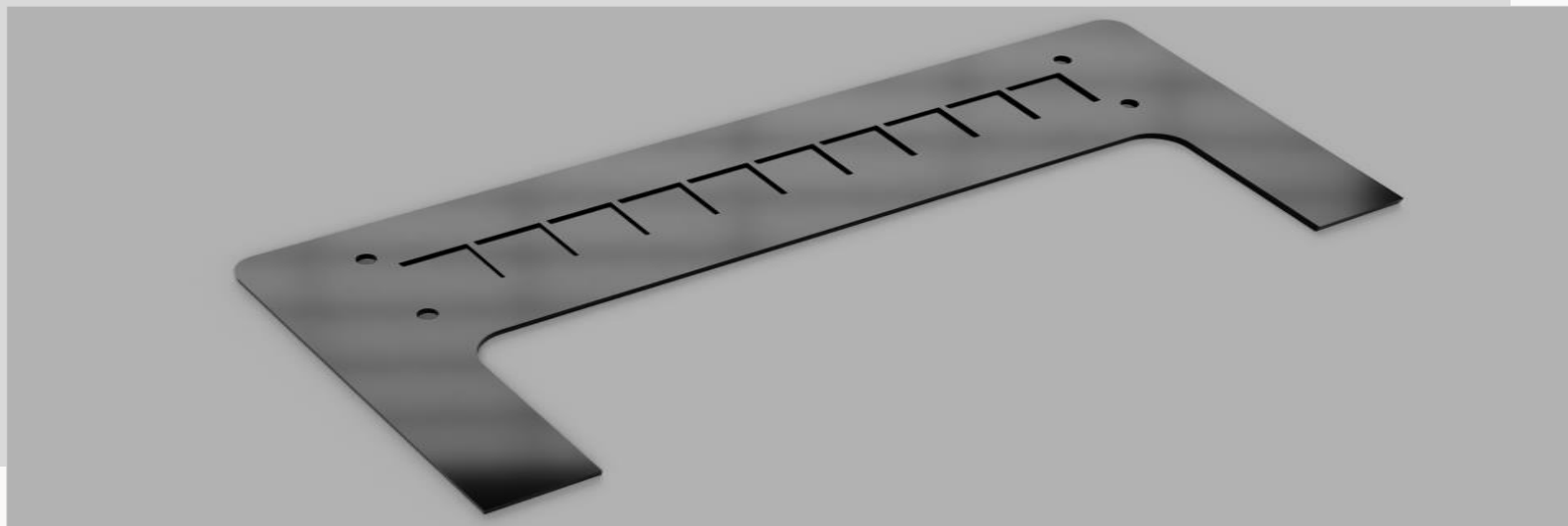
1,42 teslas e campo coercivo de 13.000 oersteds (MA/m)

MONTAGEM

10 ímãs lado a lado no suporte para formar um campo uniforme







Suporte Principal

MATERIAL

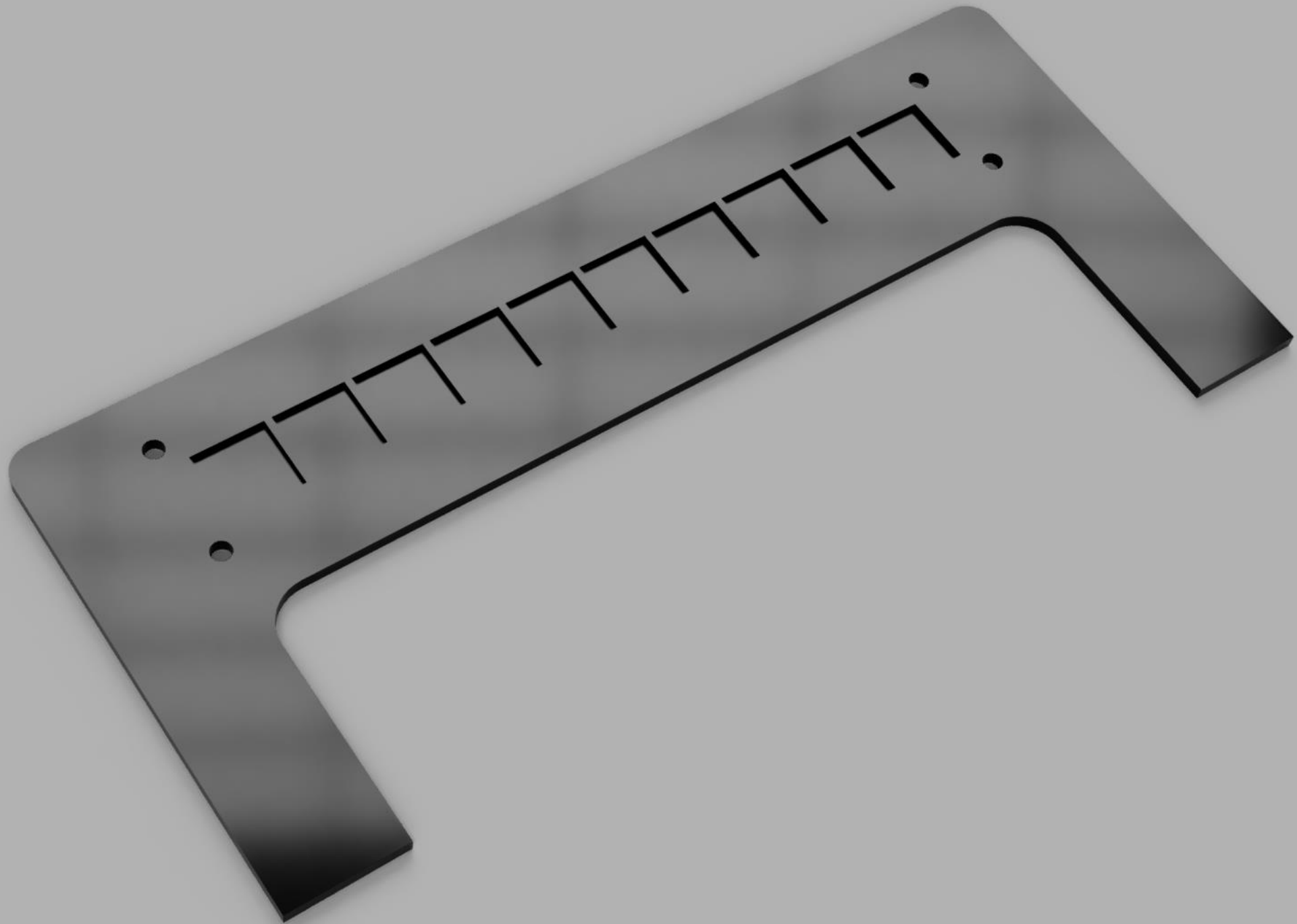
Chapa usinada por corte a plasma ou água. Feita de aço carbono SAE 1020

ESPECIFICAÇÕES

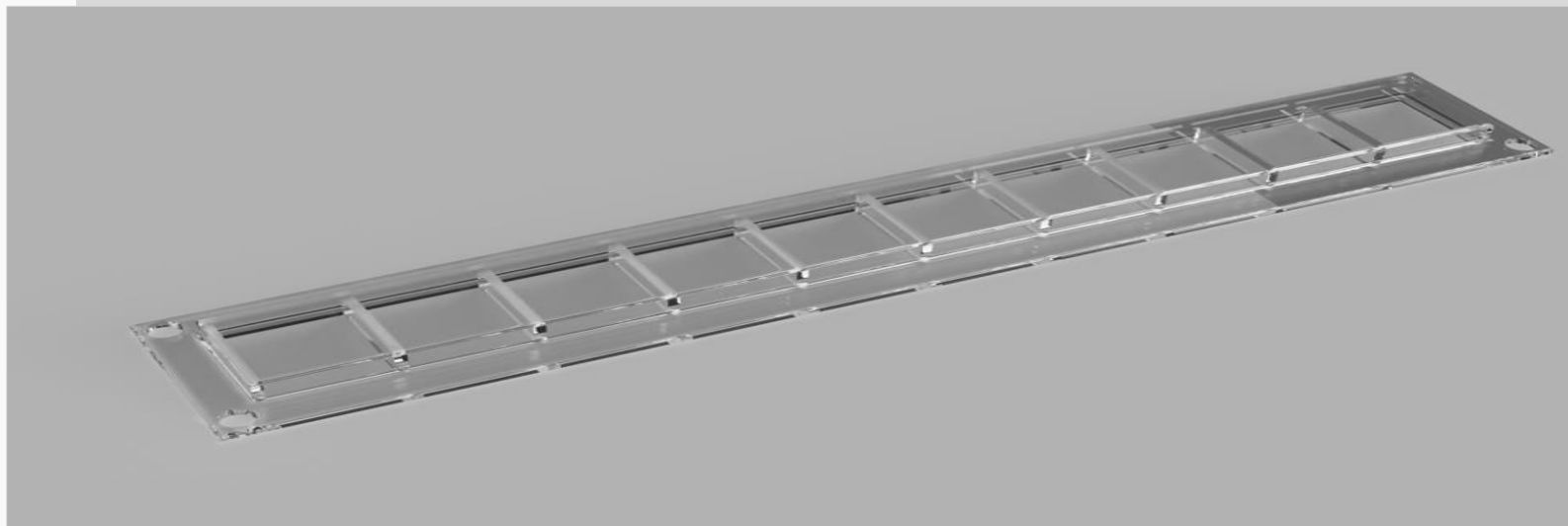
- > 420MPa de Resistência Mecânica
- > 120HB de dureza
- > 200GPa de módulo de Elasticidade

MONTAGEM

Soldados nas seções transversais do trilho e no cilindro central para aumentar a sustentação final



Case de Proteção



MATERIAL

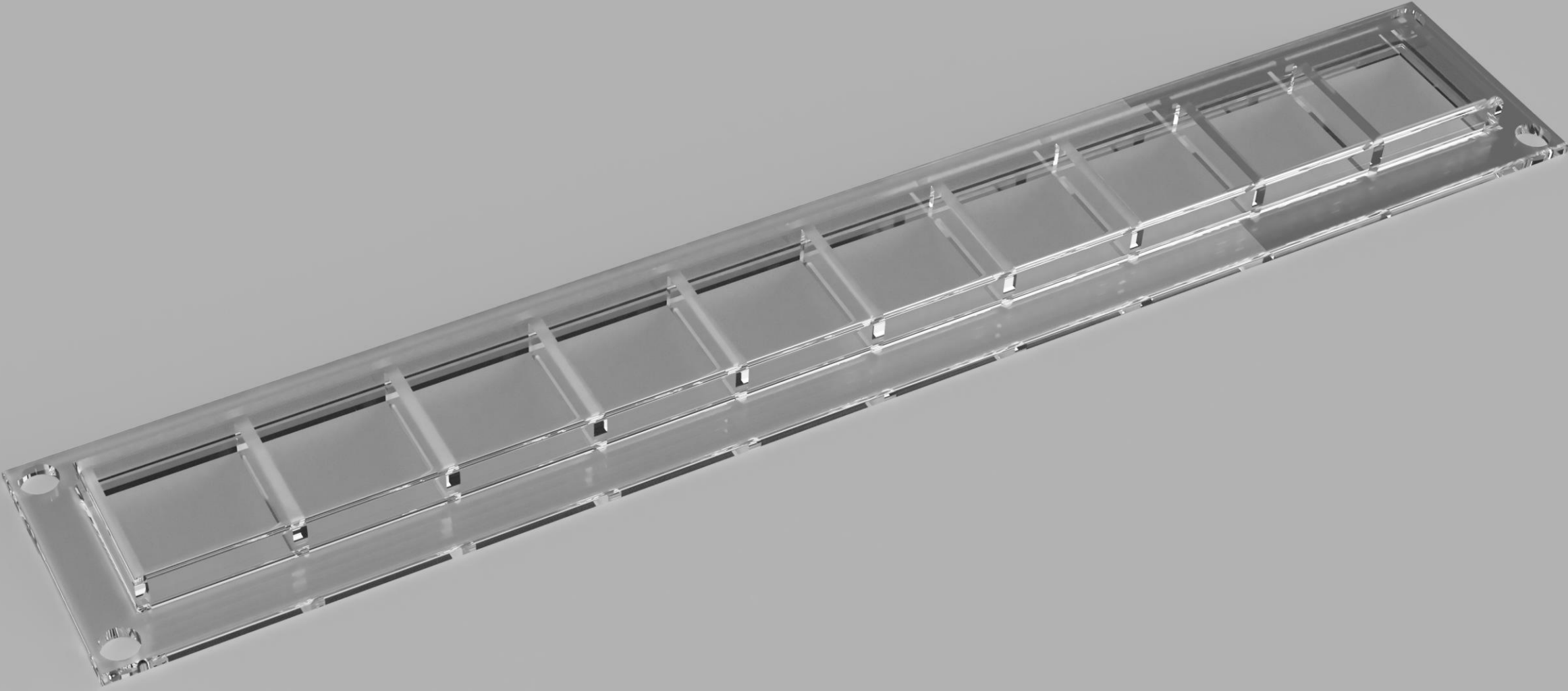
Policarbonato de alta densidade

ESPECIFICAÇÕES

- > 700MPa de Resistência Mecânica
- > 190HB de dureza

MONTAGEM

Será injetado em moldes pré determinados, a fim de ser uniforme e padrão entre os conjuntos





Parafusos, arruelas e porcas



PARAFUSOS

- > 4 parafusos por módulo
- > Parafusos de classe M14x2x30
- > Aço Inox - DIN 933



ARRUELAS

- > 4 arruelas por módulo
- > Arruela de pressão M14
- > Aço Inox - DIN 127 B



PORCAS

- > 4 porcas por módulo
- > Porca auto-travante de classe M14x2
- > Aço Inox - DIN 985

Tipo de Solda a ser utilizada



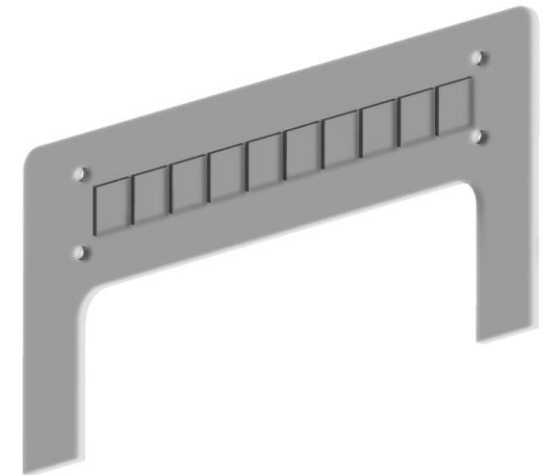
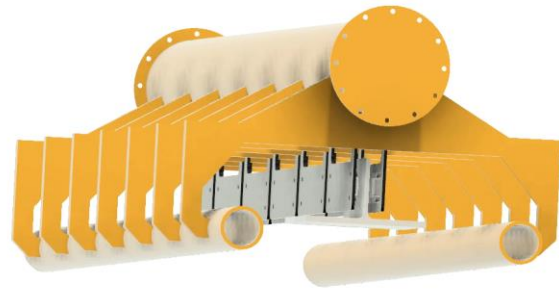
- › Arame Tubular E71T-1 com pré aquecimento de chapa
- › Fácil aplicabilidade e manuseio
- › Sem retrabalho ou limpeza pós soldagem



- › Alto rendimento no uso de material
- › Alta taxa de deposição
- › Rigidez mecânica elevada



Montagem do Sistema



MONTAGEM DO SISTEMA INDIVIDUAL

MONTAGEM FINAL DO SISTEMA

05

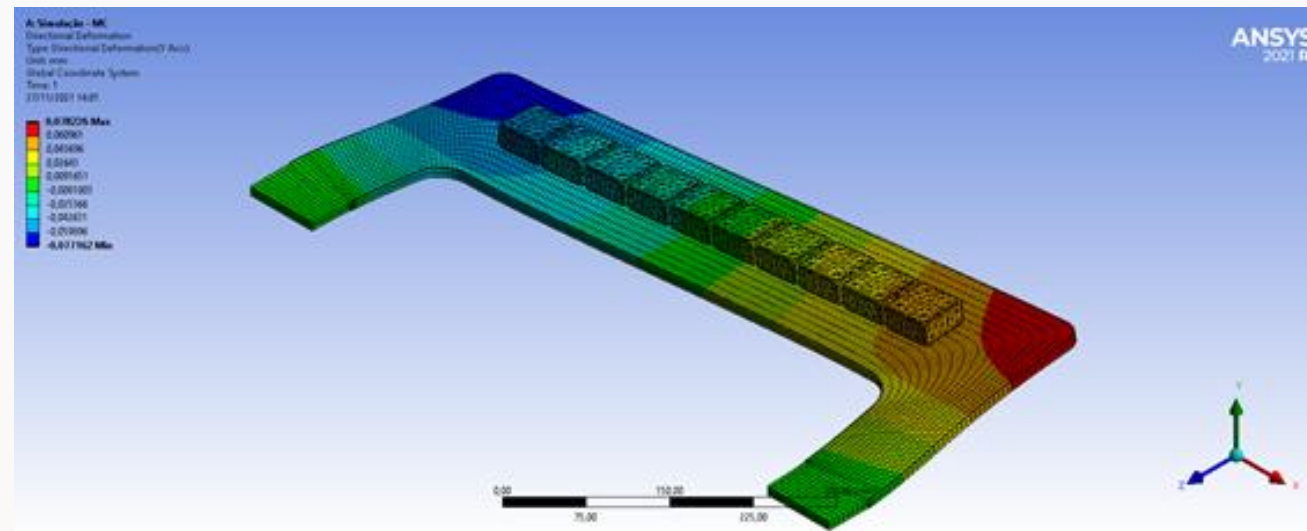
Conclusões

Resultado do gráfico de frenagem

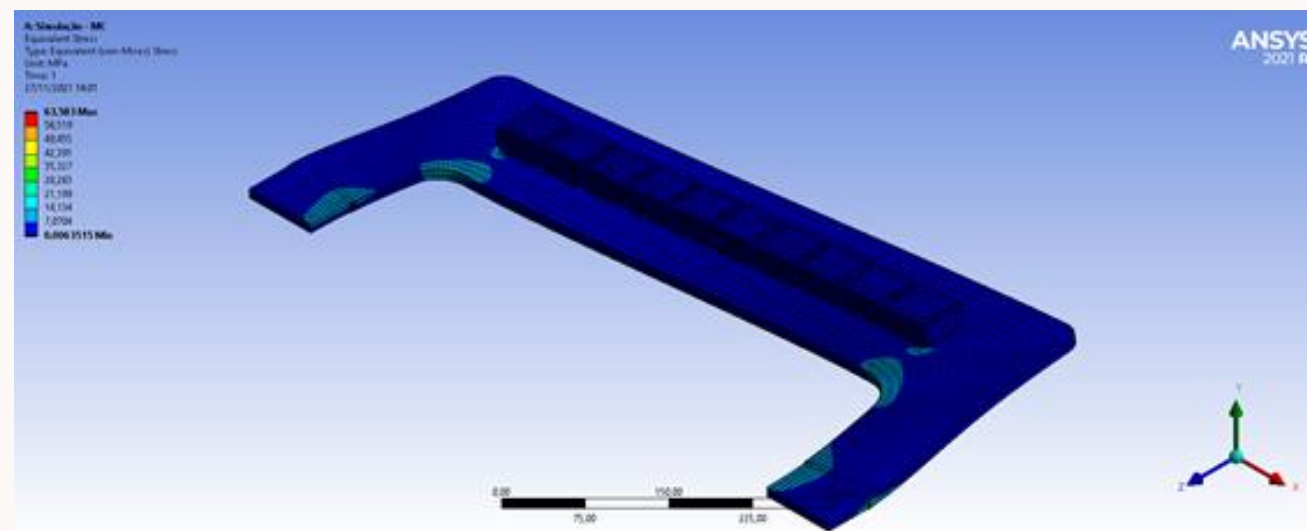


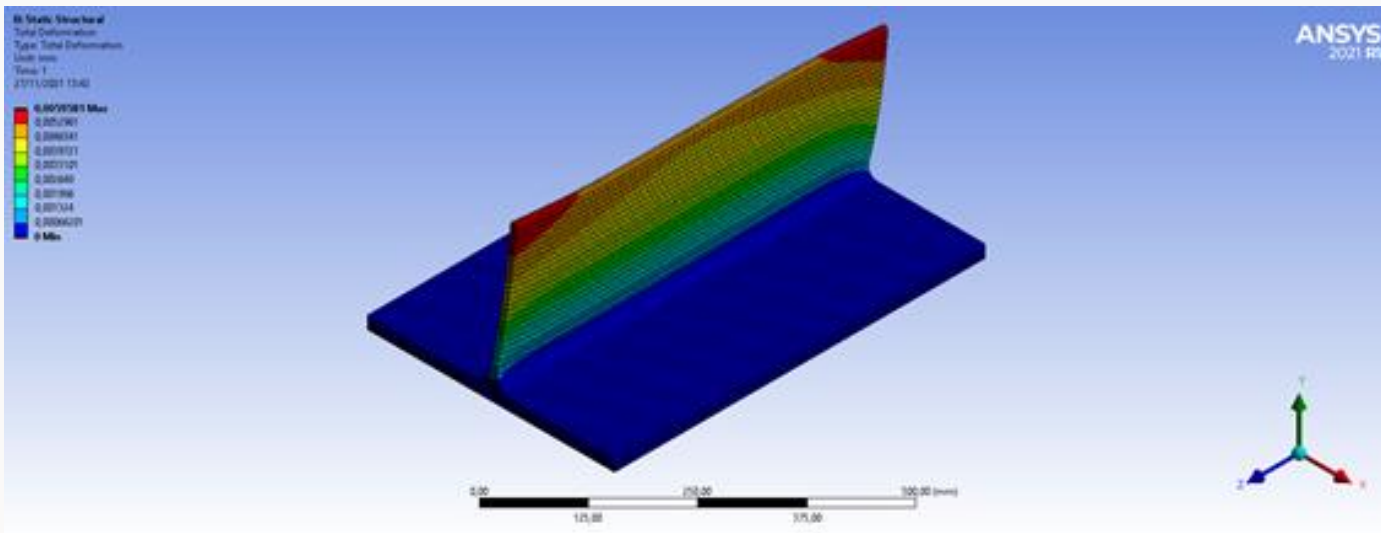
Resultado Simulações no Suporte

DEFORMAÇÃO TOTAL



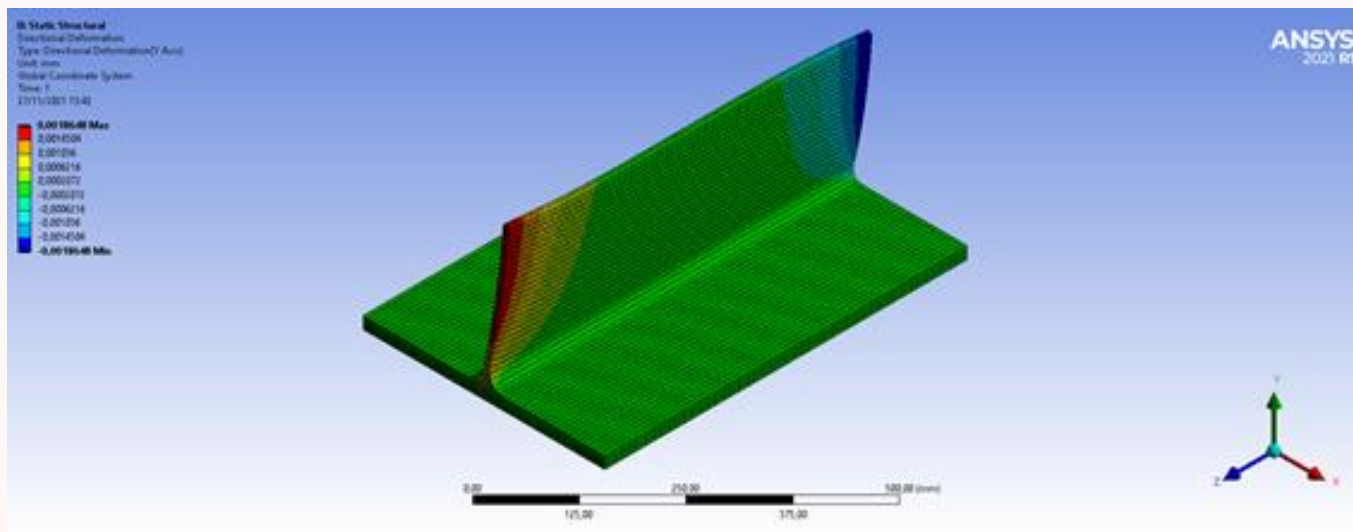
DEFORMAÇÃO DIRECIONAL





DEFORMAÇÃO TOTAL

Resultado Simulações na Barbatana



DEFORMAÇÃO DIRECIONAL

Conclusões



REDUÇÃO DO CUSTO DE MANUTENÇÃO

Ao reduzirmos a quantidade de interferências manuais para troca de mecanismos, diminuimos o custo de manutenção



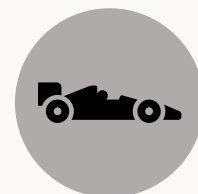
REDUÇÃO DE RUÍDO

Como não há contato com o carro, não existem ruídos e vibrações na frenagem



SEM USO DE ENERGIA

Por se tratar de um ímã permanente, o mesmo não necessita de energia elétrica



FRENAGEM SEGURA

O sistema realiza uma frenagem que não ultrapassa dos 2G em menos de 2,5 segundos



INOVAÇÃO

Trazer uma tecnologia nova para as atrações e brinquedos do Brasil



EXPANSÃO A OUTRAS ATRAÇÕES

Existe a possibilidade de aplicar este sistema de frenagem em outras atrações

Referências Bibliográficas

http://portal.fei.edu.br/ptBR/servicos/biblioteca2/Paginas/trabalhos_academicos.aspx

<https://engifield.com/faqs/who-invented-the-electromagnetic-brake/#:~:text=Granville%20Woods%20was%20an%20electrical,and%20the%20automatic%20circuit%20breaker.>

LUIZ DE OLIVEIRA, José. et al. DESENHO MECÂNICO. Letra.

HALLIDAY & RESNICK. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9. ed. [S. l.]: LTC, 2012. v. 3.



