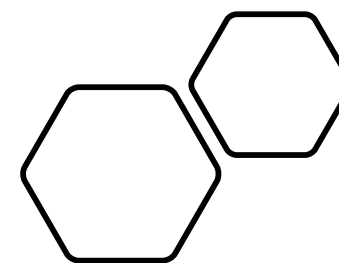
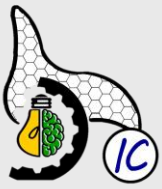




INNOVACHAIR



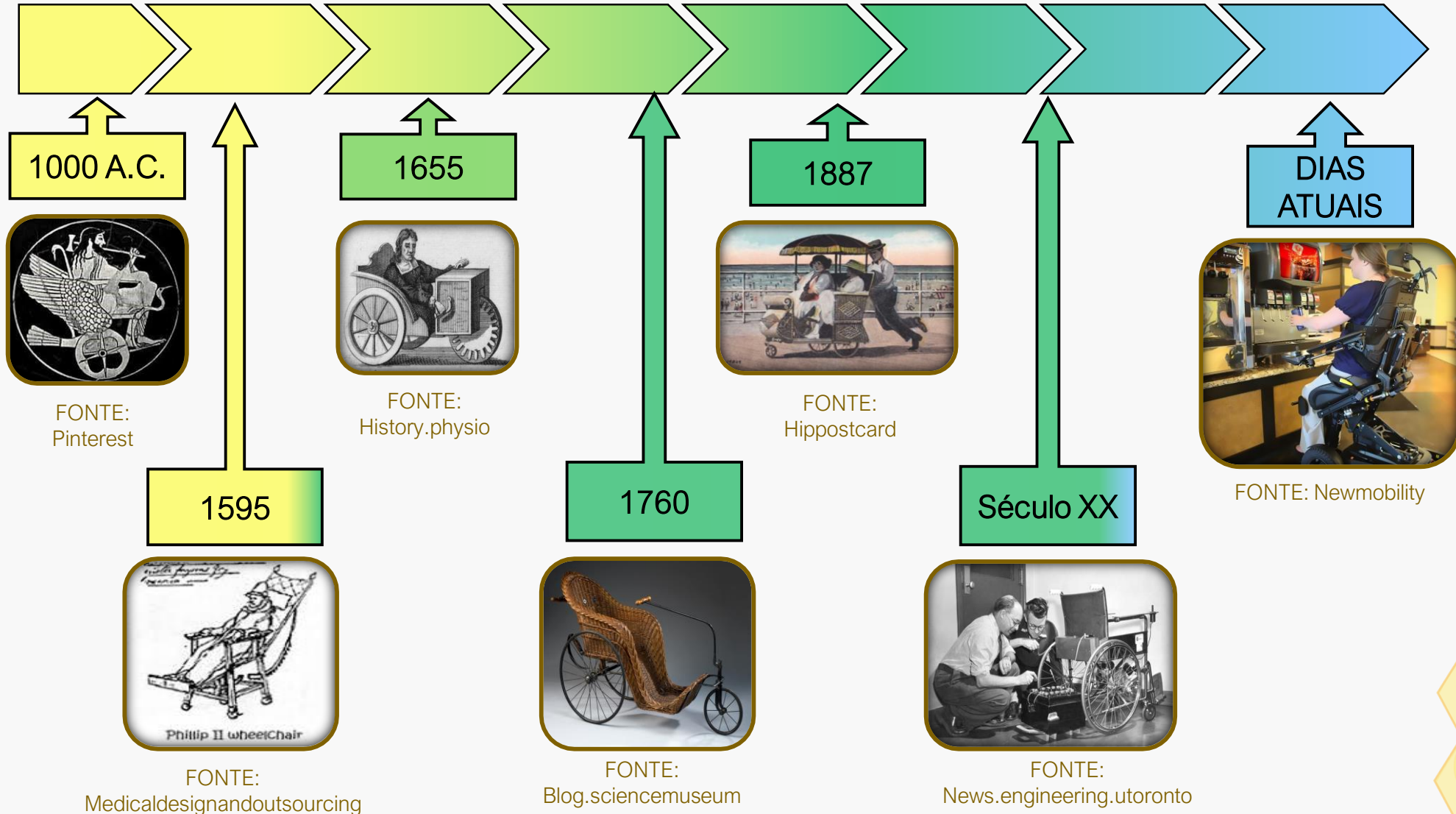


OBJETIVO

Este projeto tem como objetivo estudar a possibilidade de fabricação de uma cadeira de rodas por meio do processo de manufatura aditiva, utilizando o método de impressão 3D com filamentos poliméricos, com componentes personalizáveis, de modo à cada pessoa ter um modelo único e adaptado ao seu cotidiano e fisiologia.



HISTÓRICO





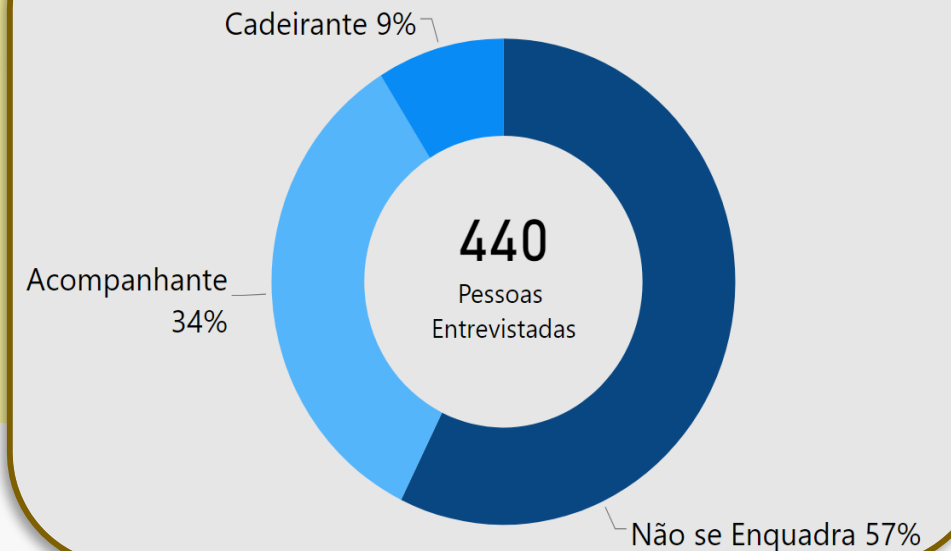
MOTIVAÇÃO

1. Em qual grupo abaixo você melhor se encaixa? *

Este estudo questionário é voltado para pessoas cadeirantes e pessoas que ajudam, convivem ou conhecem cadeirantes.

- Sou uma pessoa usuária de cadeira de rodas
- Conheço/convivo com uma pessoa usuária de cadeira de rodas
- Não me enquadro em nenhum dos casos acima

Categorias



FONTE: Autores

15. Existe mais algum ponto crítico que deve ser melhorado na cadeira de rodas ao seu ver em especial?

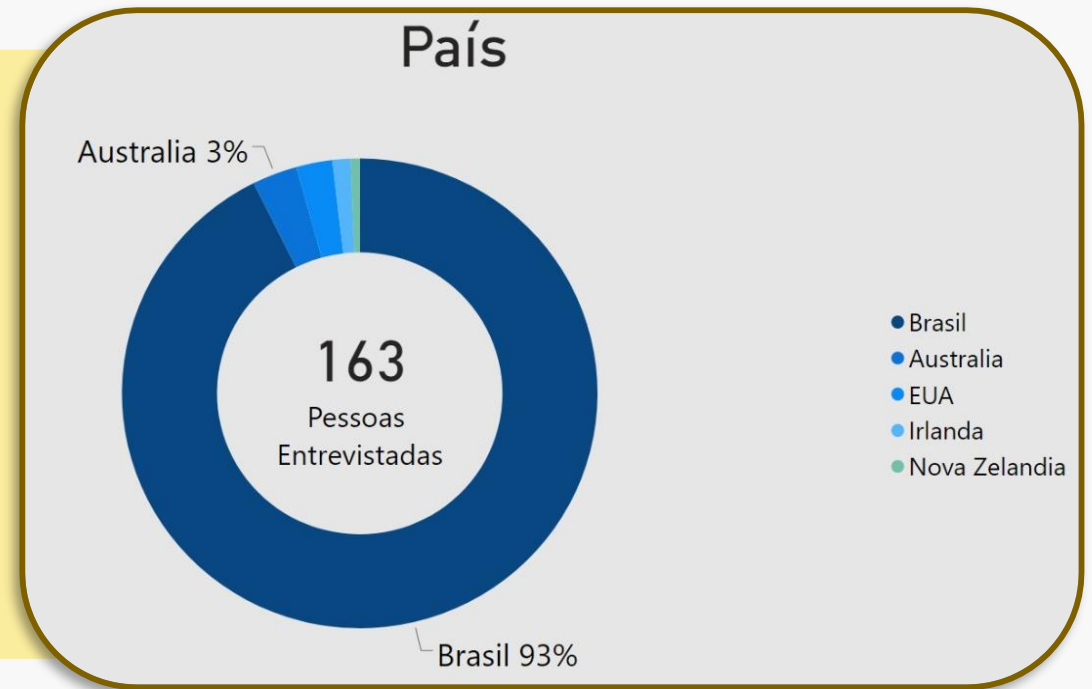
“Precisa ser personalizável (adequação) e ser bonita de acordo com o gosto do usuário. Ele vai usar ela em todos os lugares e o tempo todo. Precisa ser ajustável a suas necessidades em relação às deformidades, precisa ser confortável, prática, fácil de desmontar para poder levar no carro.” Anônimo.



MOTIVAÇÃO

Através da pesquisa realizada pelo grupo, via formulário online, foram obtidas 163 respostas válidas, sendo:

- ❖ 34 usuários de cadeira de rodas;
- ❖ 129 acompanhantes ou pessoas que convivem com o usuário.



FONTE: Autores



MOTIVAÇÃO

❖ A maioria dos entrevistados são mulheres, entretanto, considerando apenas os cadeirantes a maioria são homens.

Gênero



FONTE: Autores

❖ É possível perceber através da pesquisa a faixa etária bem plural e dividida.

Faixa etária

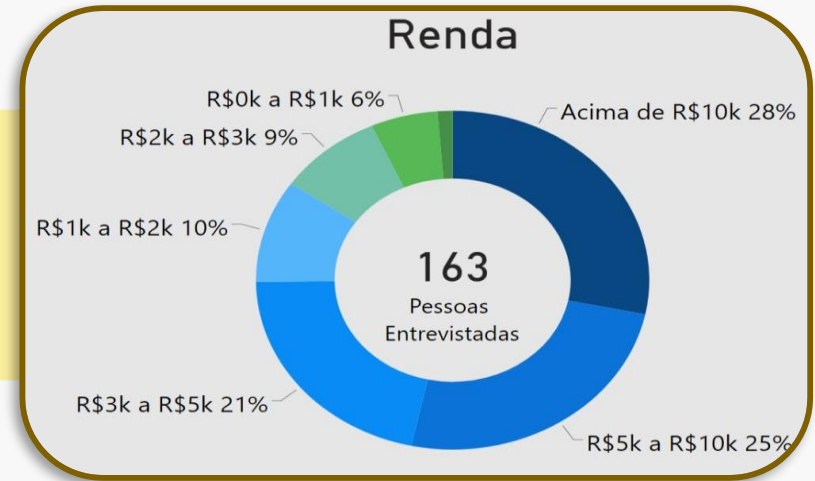


FONTE: Autores



MOTIVAÇÃO

❖ Dentre os entrevistados, a maioria possui renda acima de R\$ 10.000,00/mês.



FONTE: Autores

❖ O valor que os pesquisados estão dispostos a investir em uma nova cadeira de rodas está entre R\$2.000,00 à R\$5.000,00.

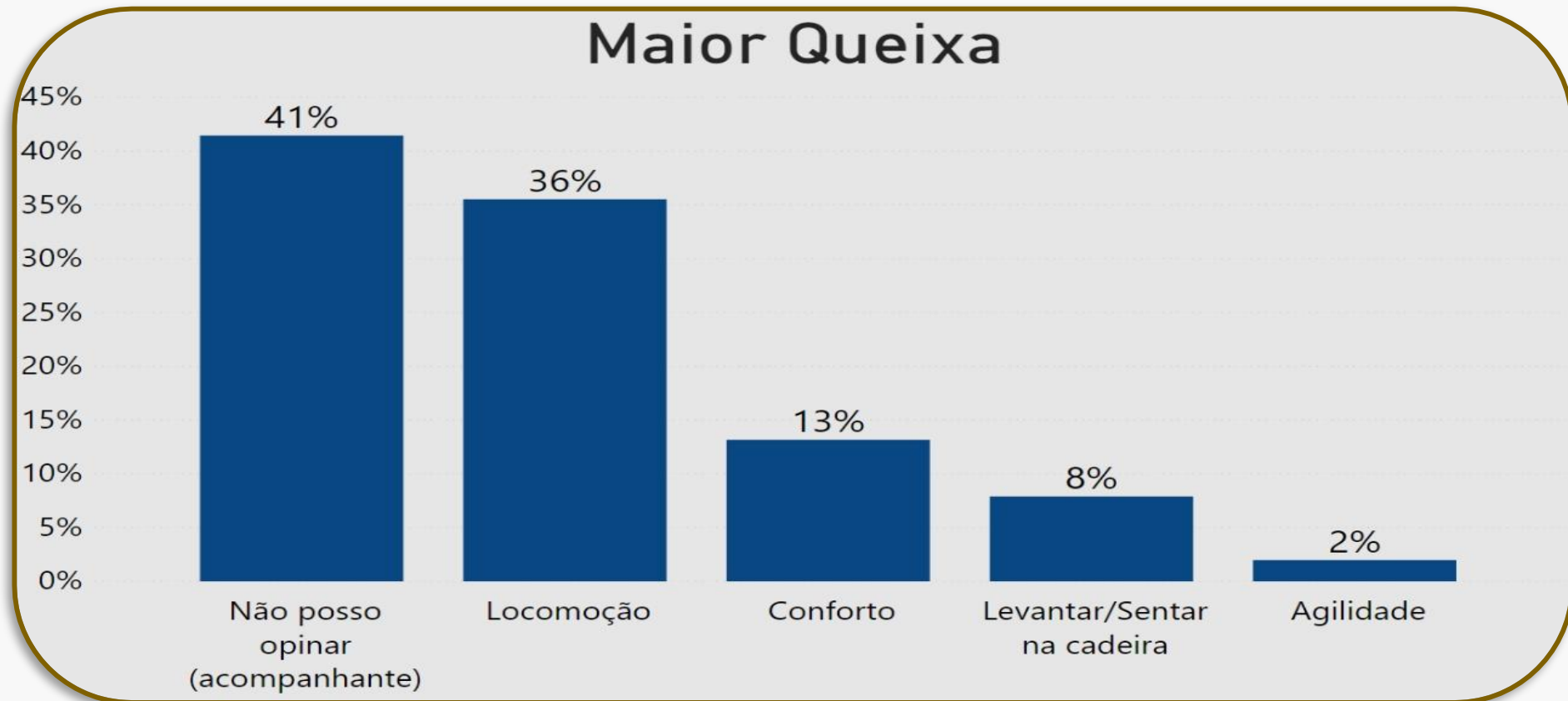


FONTE: Autores



MOTIVAÇÃO

As maiores queixas relatadas na pesquisa foram de locomoção e conforto, seguindo a expectativa do projeto.

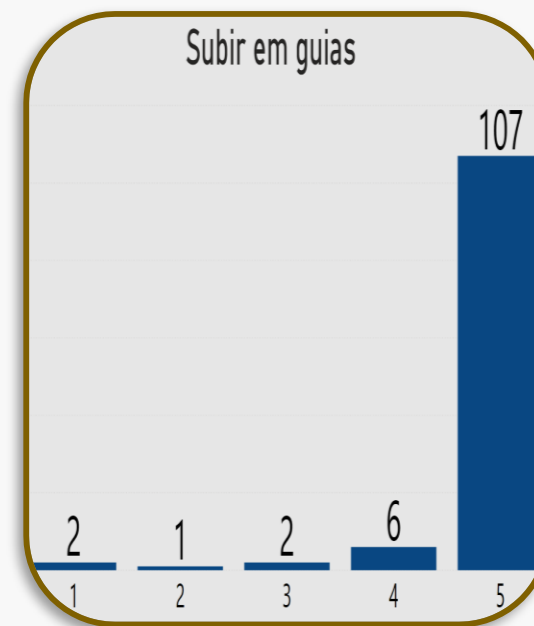
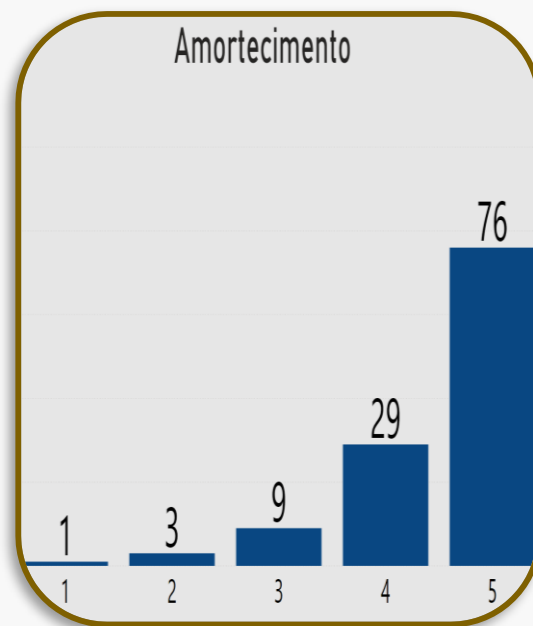
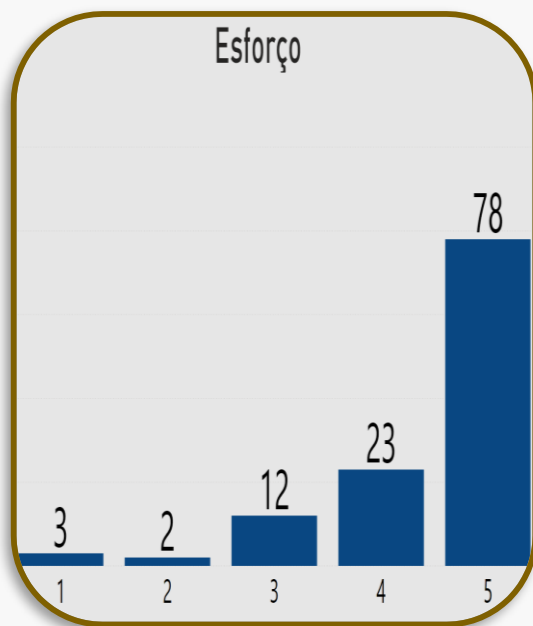
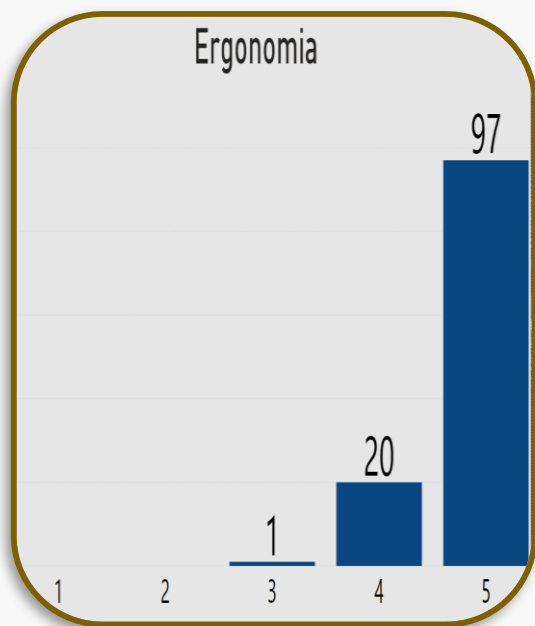


FONTE: Autores



MOTIVAÇÃO

A grande maioria considera todos os itens da cadeira de rodas de extrema importância, porém, o que mais destaca-se é a ergonomia.

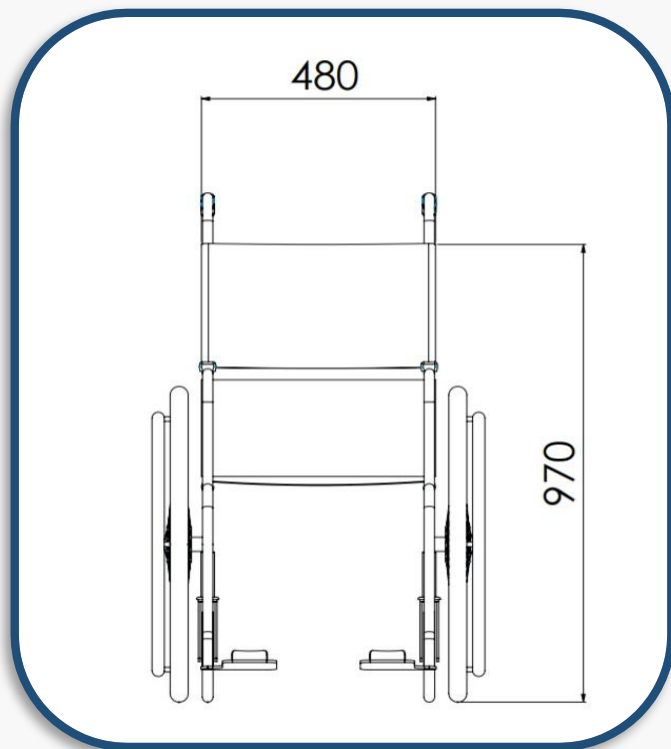


FONTE: Autores



PLANO DE VALIDAÇÃO

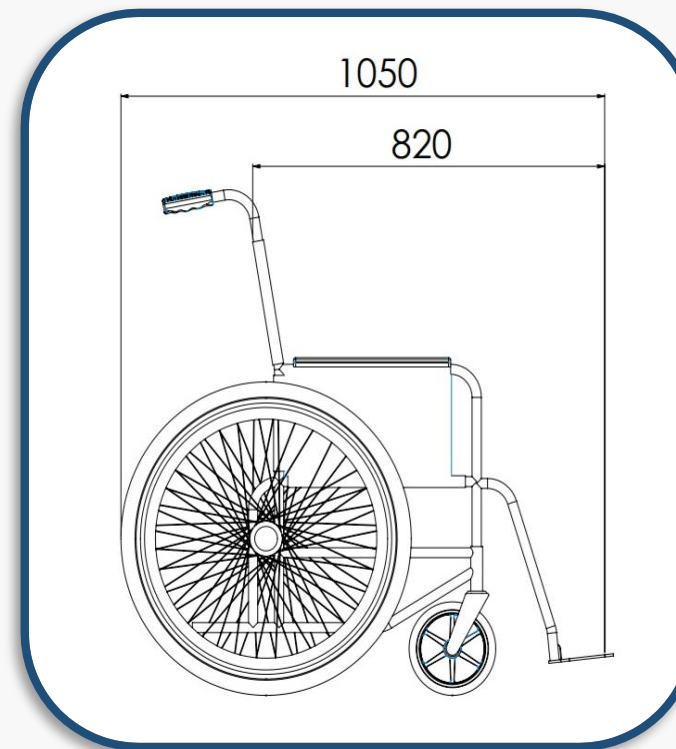
Modelo Comparativo



FONTE: 3Dcontentcentral

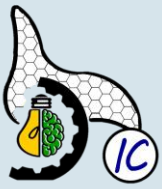


FONTE: 3Dcontentcentral



FONTE: 3Dcontentcentral

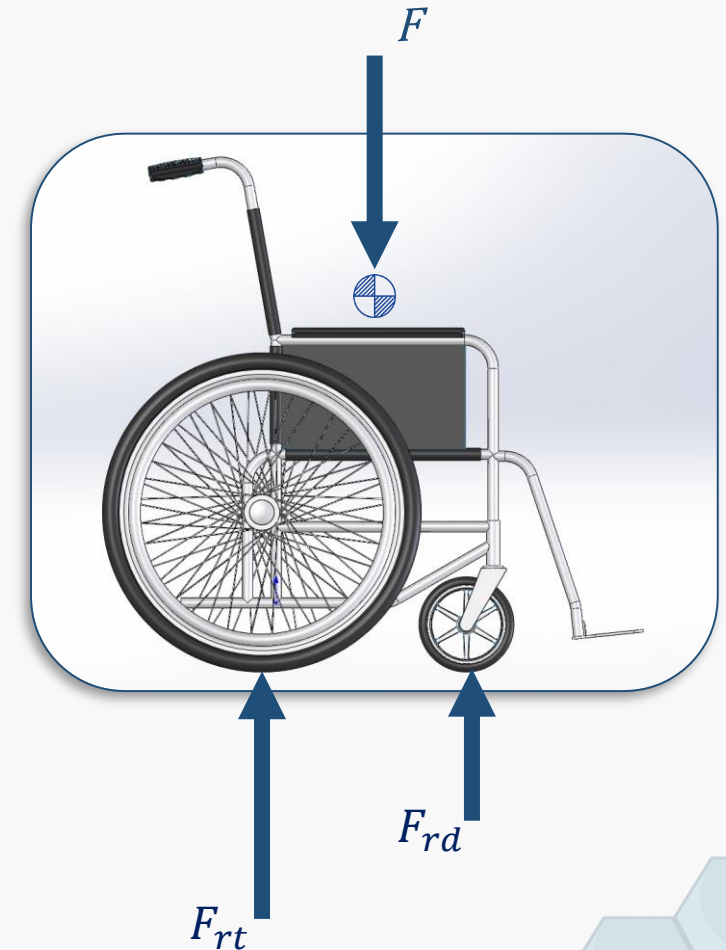
➤ Cadeira de Rodas Padrão de Mercado (Tamanho M)



PLANO DE VALIDAÇÃO

Cálculos

Parâmetros	Valores Adotados	Unidade
Material	Aço Estrutural	-
Tensão de Escoamento (T_{esc})	250	MPa
Tensão resistência a tração (T_{rt})	250	MPa
Tensão a ruptura (T_r)	450	MPa
Massa do usuário (m_u)	80	Kg
Massa da cadeira (m_{cr})	11,9	kg
Gravidade (g)	9,81	m/s ²
Centro de Gravidade (roda dianteira) (CG_{rd})	232,28	mm
Centro de Gravidade (roda traseira) (CG_{rt})	202,88	mm
T_{rt}/T_{esc}	1	-
Carga constante (C_{cte})	1	-
Carga subitamente aplicada (C_{subA})	2	-
Material dúctil ($Mat.d$)	1,5	-
Comprimento até o CG (tombamento) (A)	282,03	mm
Altura até o CG (tombamento) (B)	669,44	mm
Raio da Roda Traseira (R)	335	mm
Comprimento do Pino (L)	58	mm





PLANO DE VALIDAÇÃO

Cálculos

- Coef. De Segurança:

$$CS = \left(\frac{T_{rt}}{T_{esc}}\right) * C_{cte} * C_{subA} * Mat.d = 3,00$$

- Carga sobre a roda traseira:

$$F_{rt} = \frac{F * CG_{rd}}{CG_{rd} + CG_{rt}} = 721,84 N$$

- Ângulo de Tombamento:

$$\theta_{tip} = \tan^{-1}\left(\frac{A}{B}\right) = 0,40 rad = 22,85^\circ$$

- Peso Total:

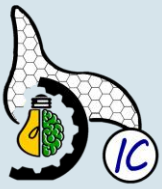
$$F = \{(m_u * g) + (m_{cr} * g)\} * CS = 2704,62 N$$

- Carga sobre a roda dianteira:

$$F_{rd} = \frac{F - (2 * F_{rt})}{2} = 630,47 N$$

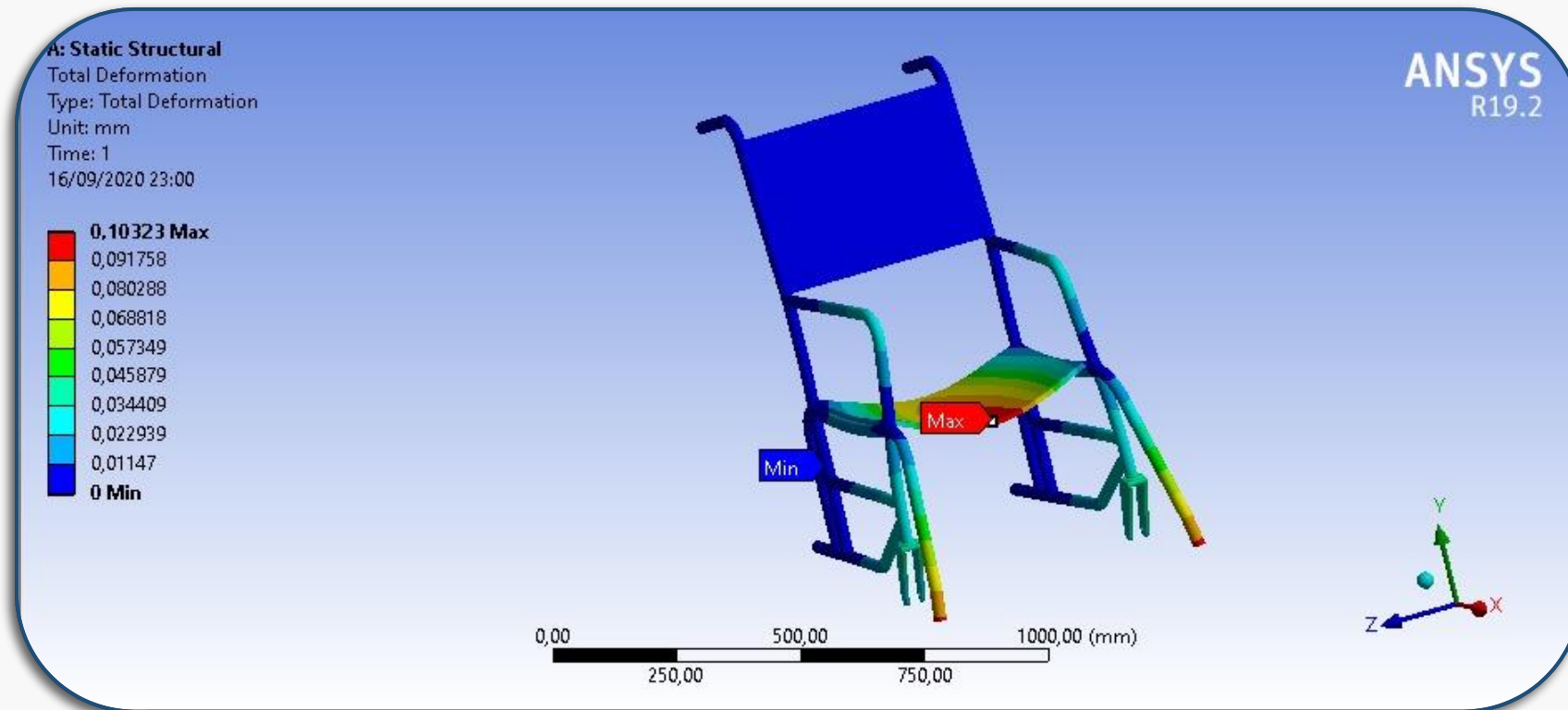
- Momento no Pino da Roda:

$$M_{pr} = F * (R-L) = 749178,91 N.m$$

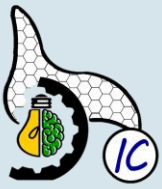


PLANO DE VALIDAÇÃO

Simulação

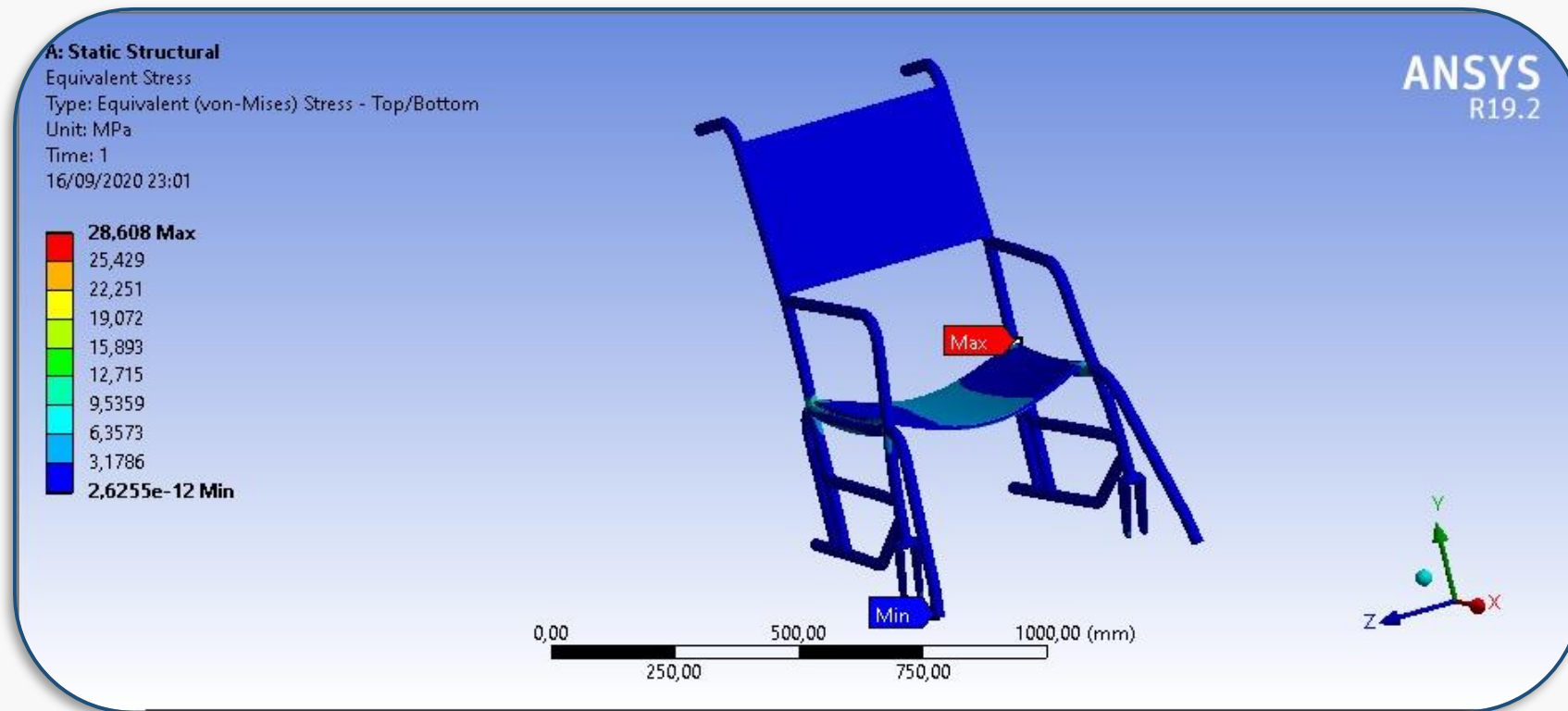


FONTE: Autores



PLANO DE VALIDAÇÃO

Simulação



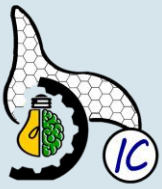
FONTE: Autores



PLANO DE VALIDAÇÃO

Cálculos (CS – Simulação)

<u>Parâmetros</u>	<u>Valores Adotados</u>	<u>Unidade</u>
Material	Aço Estrutural	-
Tensão de Escoamento (T_{esc})	250	MPa
Módulo de Elasticidade (Simulação)	205	GPa
Tensão Atuante Máxima (Simulação - T_{Amax})	28,608	MPa
Massa do usuário (m_u)	80	Kg
Massa da cadeira (m_{cr})	11,9	kg
Gravidade (g)	9,81	m/s ²
Centro de Gravidade (roda dianteira) (CG_{rd})	232,28	mm
Centro de Gravidade (roda traseira) (CG_{rt})	202,88	mm
Comprimento até o CG (tombamento) (A)	282,03	mm
Altura até o CG (tombamento) (B)	669,44	mm
Raio da Roda Traseira (R)	335	mm
Comprimento do Pino (L)	58	mm



PLANO DE VALIDAÇÃO

Cálculos (CS – Simulação)

- Coef. De Segurança:

$$CS = \left(\frac{T_{esc}}{T_{Amax}} \right) = 8,74$$

- Carga sobre a roda traseira:

$$F_{rt} = \frac{F' * CG_{rd}}{CG_{rd} + CG_{rt}} = 2102,66 \text{ N}$$

- Ângulo de Tombamento:

$$\theta_{tip} = \tan^{-1} \left(\frac{A}{B} \right) = 0,40 \text{ rad} = 22,85^\circ$$

- Peso Total:

$$F' = \{(m_u * g) + (m_{cr} * g)\} * CS = 7878,38 \text{ N}$$

- Carga sobre a roda dianteira:

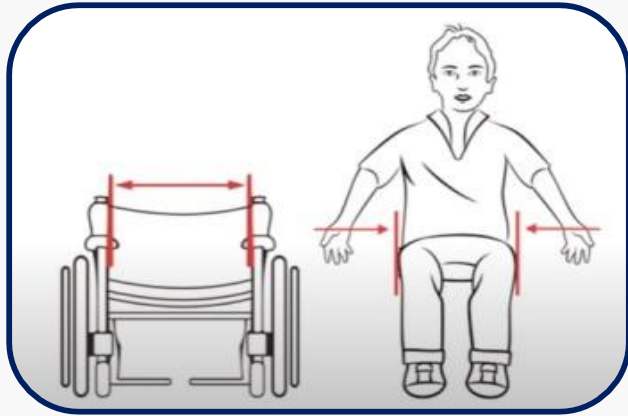
$$F_{rd} = \frac{F' - (2 * F_{rt})}{2} = 1836,53 \text{ N}$$

- Momento no Pino da Roda:

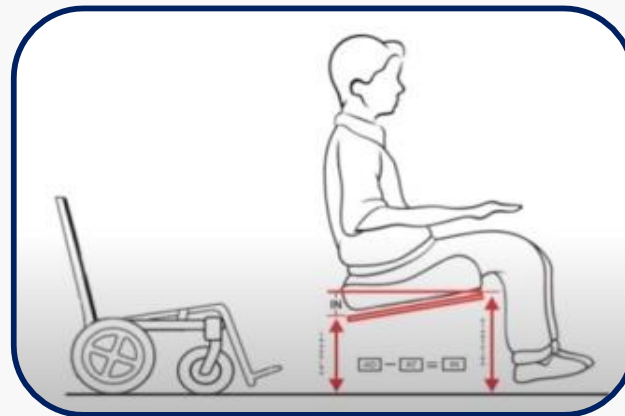
$$M_{pr} = F' * (R-L) = 2182311,79 \text{ N.mm}$$



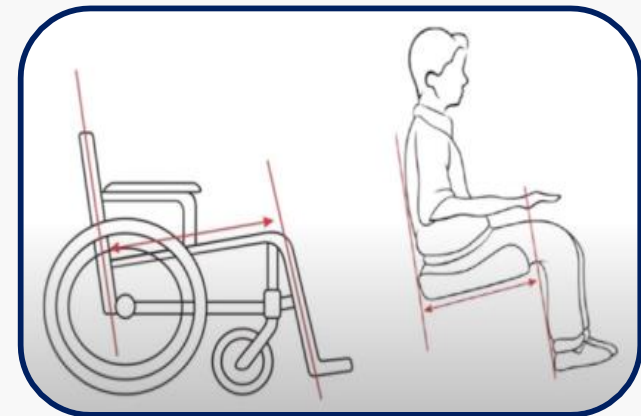
PREMISSAS DO PROJETO



Largura do Assento



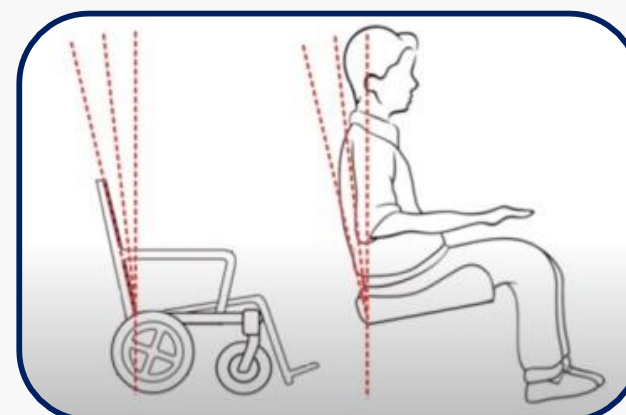
Inclinação do Assento



Profundidade do Assento



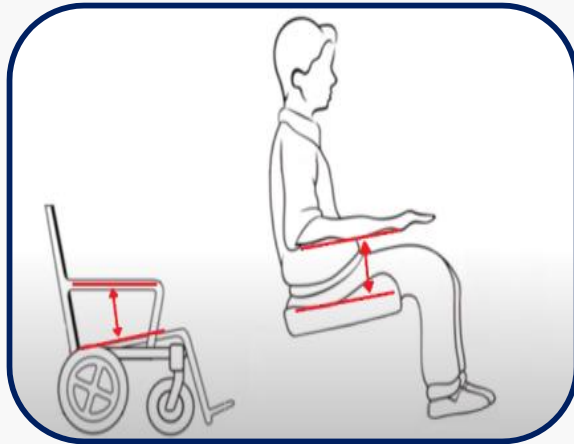
Altura do Encosto



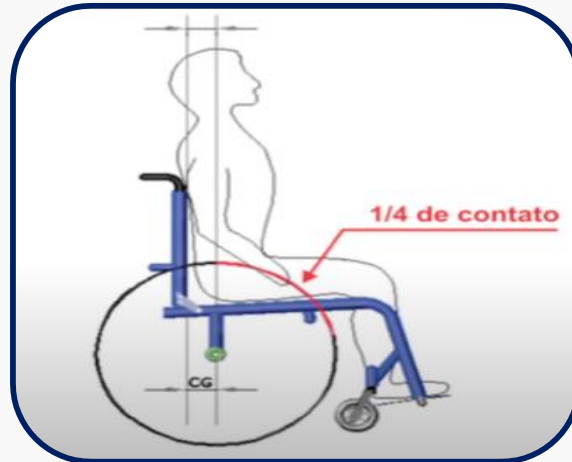
Inclinação do Encosto



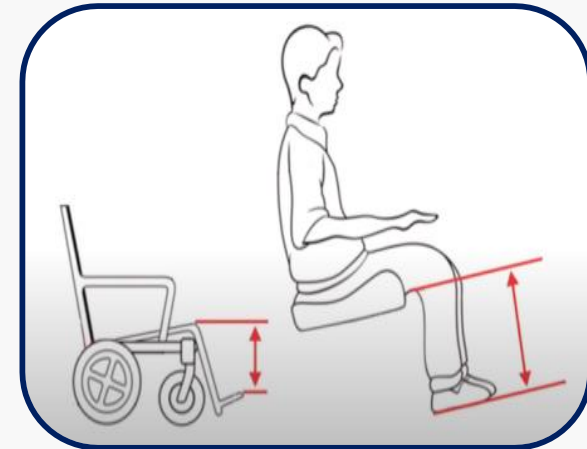
PREMISSAS DO PROJETO



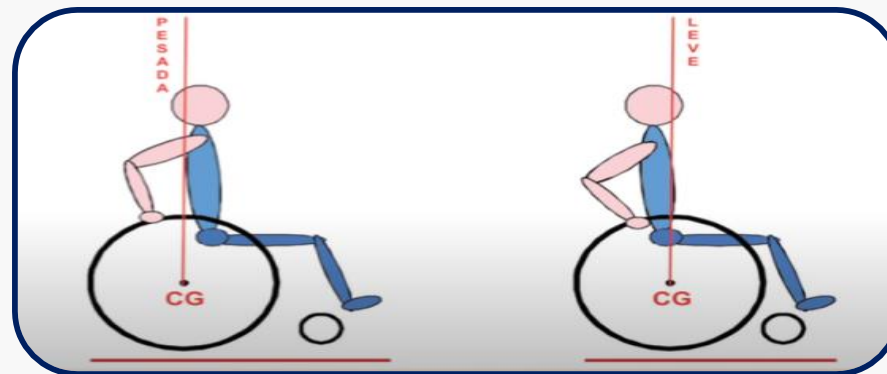
Altura dos Cotovelos



Posição Ideal do Centro de Gravidade



Altura do Pedal



Exemplo de Efeito Gerado pelo Mal Posicionamento do Centro de Gravidade



PREMISSAS DO PROJETO

Normas

As normas regulamentadoras que regem a construção de cadeiras de rodas no Brasil são emitidas pela ABNT.

- NBR ISO 7176: esta norma é dividida em partes obrigatórias para certificação do InMETRO e outras opcionais, totalizando 26 partes.
- NBR 9050: norteia todas as diretrizes para a produção e comercialização de cadeira de rodas no Brasil.



PREMISSAS DO PROJETO

Processo de Fabricação

Impressão 3D (HP MJF5200)

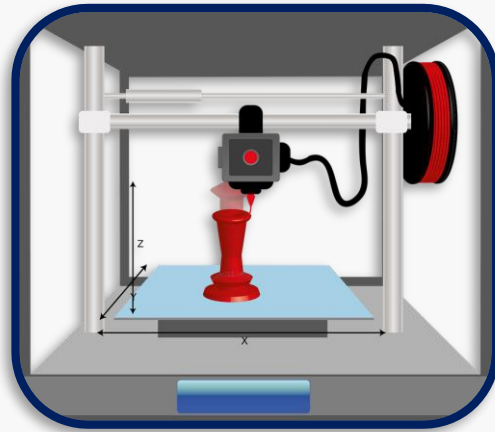


FONTE: HP.com



PREMISSAS DO PROJETO

Anisotropia



FONTE: 3Dfila

+



FONTE: 3Dfila

- Velocidade de Impressão;
- Temperatura da mesa;
- Temperatura do bico;
- Temperatura Ambiente.

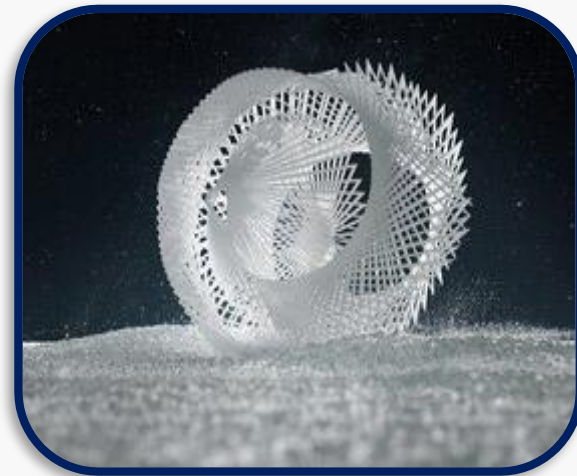
- Tempo de Secagem;
- Propriedades de Cristalização;
- Cadeia Carbônica;
- Tipo de Filamento.



MATRIZ DE DECISÃO

Materiais para Impressão

HP 3D High Reusability
PA 11



FONTE: HP.com



MATRIZ DE DECISÃO

Customização

DOBRÁVEL



FONTE: Ortoponto

- Média Implantação
- Boa Disponibilidade
- Médio Custo

APOIO DE PÉS E PANTURRILHA



FONTE: Sosmateriaishospitales

- Fácil Impressão
- Boa Resistência
- Médio Custo

ASSENTO E ENCOSTO PERSONALIZADO



FONTE: MercadoLivre

- Fácil Impressão
- Média Durabilidade
- Baixo Custo



MATRIZ DE DECISÃO

Mobilidade

ARO DE PROPULSÃO



FONTE: Mobilityforyou

- Fácil Implantação;
- Boa Resistência;
- Médio Custo.

RODA ARO 24"



FONTE: Ortobras

- Fácil Implantação;
- Produto de Mercado;
- Médio/Alto Custo.

QUICK RELEASE



FONTE: Ortobras

- Fácil Implantação;
- Produto de Mercado;
- Médio Custo.



MATRIZ DE DECISÃO

Material	Custo	Resistência	Disponibilidade de mercado	Dificuldade de impressão	Durabilidade	Precisão da peça	Total
Peso	0,1	0,25	0,15	0,15	0,1	0,25	1,0
PA11	5	3	5	5	5	5	4,5
PA12	4	3	5	4	4	4	3,9
PA12 GB	3	Teste	5	3	3	3	2,6
PP – BASF	2	4	3	2	Teste	2	2,5
TPA - BASF	1	4	1	1	Teste	1	1,7

Customização	Custo	Nível Importância	Disponibilidade de mercado	Dificuldade de Implantação	Total
Peso	0,2	0,3	0,2	0,3	1,0
Adaptada a mesas	5	4	3	4	4,0
Assento e Encosto personalizado	3	3	4	4	3,5
Dobra Fácil	3	5	5	1	3,4
Apoio de pés e panturrilha	4	2	3	3	2,9
Apoio de cabeça	3	1	4	3	2,6

Mobilidade	Custo	Segurança	Disponibilidade de mercado	Disponibilidade do Processo	Total
Peso	0,2	0,1	0,2	0,5	1,0
Aro de propulsão	4	4	5	5	4,7
Motor elétrico 240w 36V (bike elétrica)	2	3	4	2	2,5
Eletrificação a partir de roda imantada	2	3	2	2	2,1
Brushless Motor	1	4	2	2	2,0



PROJETO



FONTE: Autores

- Fácil Impressão;
- Material Leve.

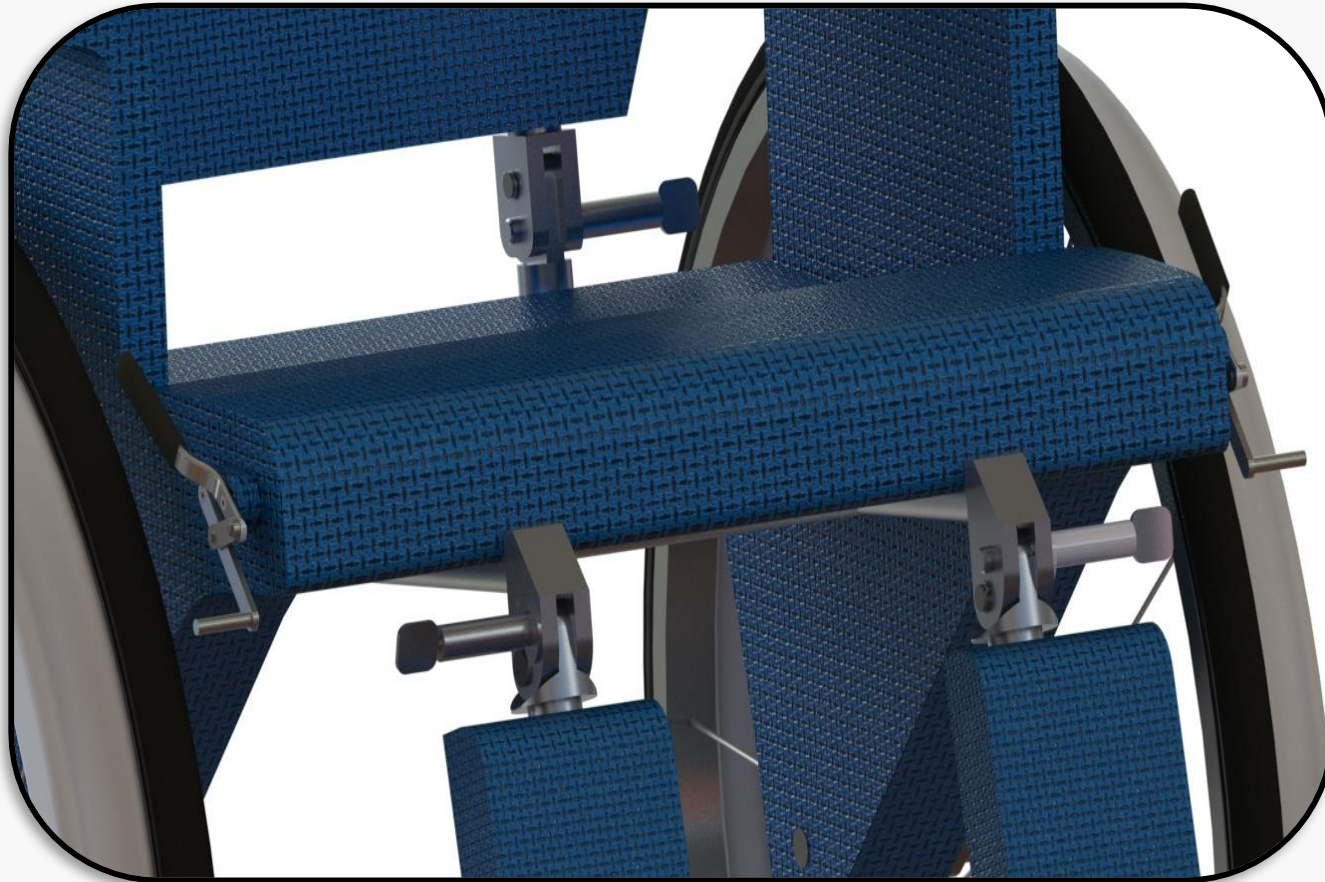


FONTE: Autores

- Aro de Propulsão;
- Apoio de Pé.

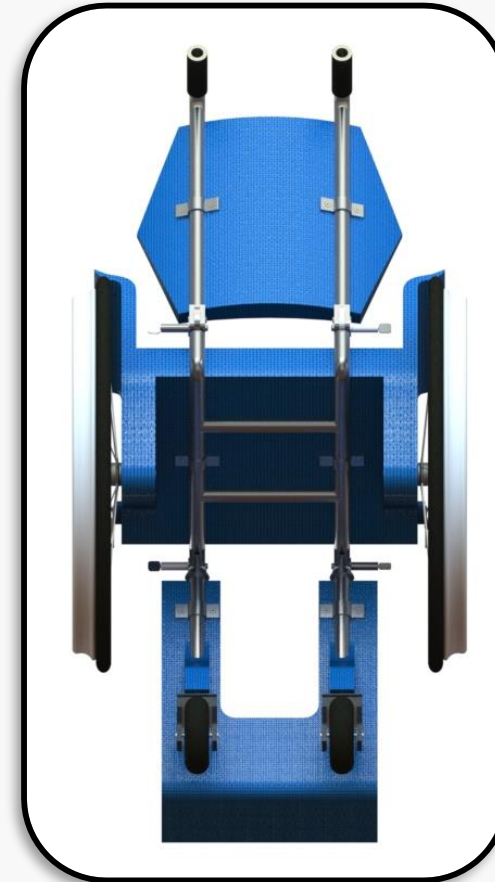


PROJETO



FONTE: Autores

- Travas de Posição do Encosto;
- Travas de Posição do Apoio de Pé.

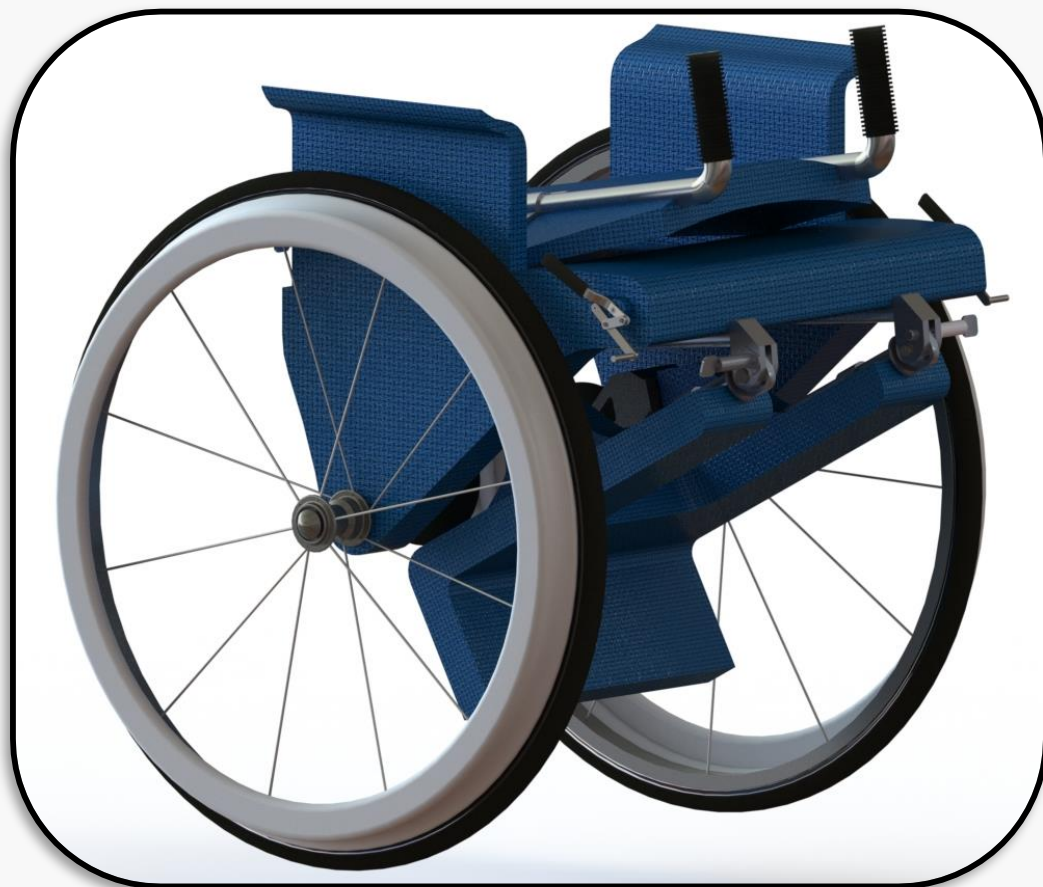


FONTE: Autores

- Simples fixação das partes;
- Estrutura leve e em Alumínio.



PROJETO



FONTE: Autores

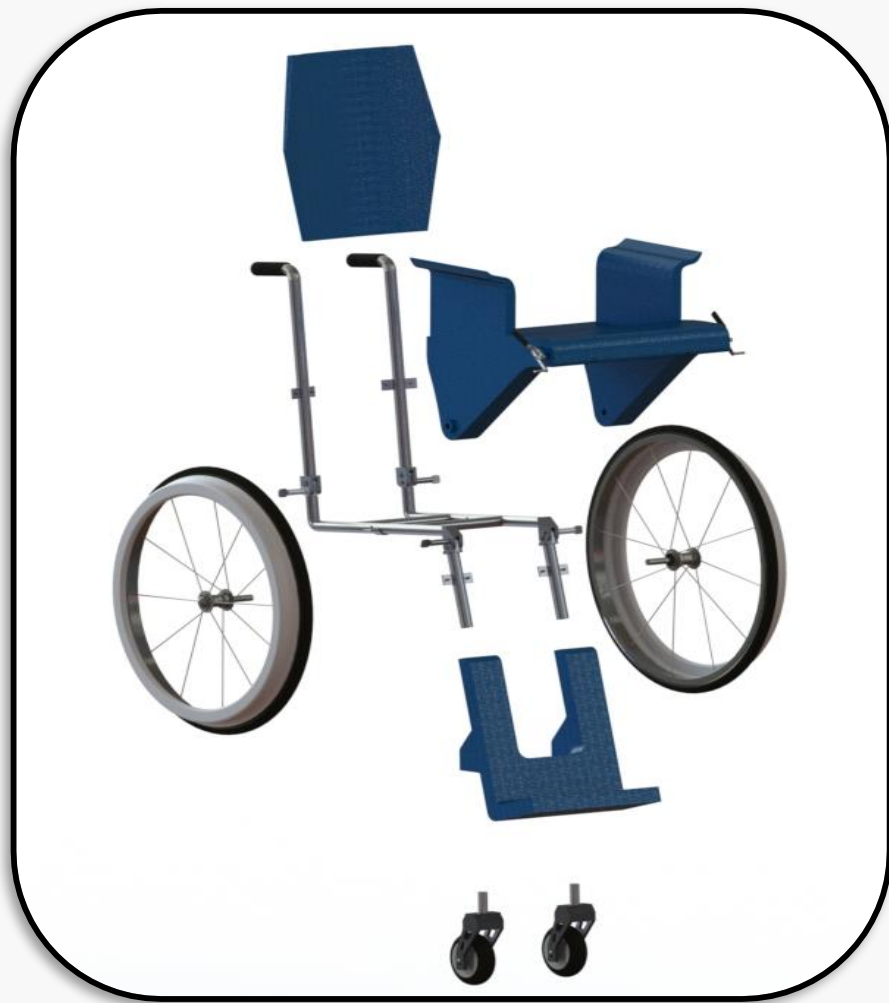


FONTE: Autores

- Dobrável (2 posições);
- Tamanho Compacto;
- Fácil armazenamento.



PROJETO

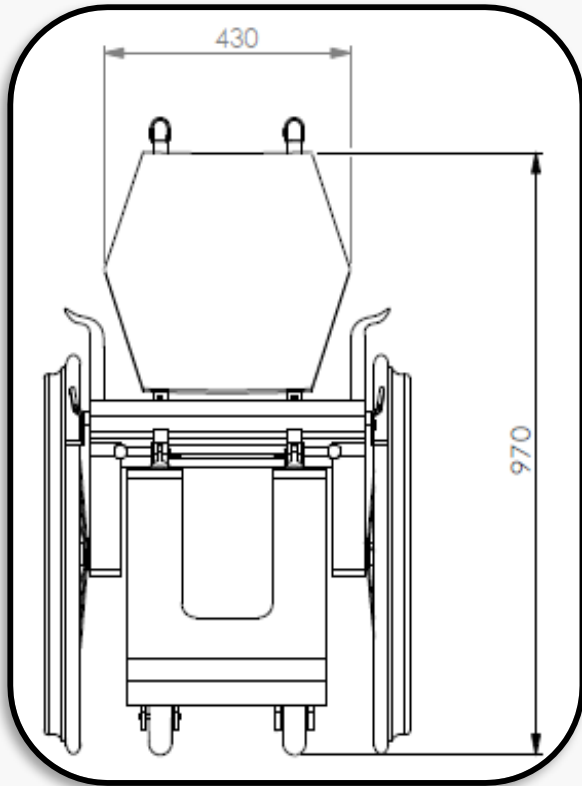


FONTE: Autores

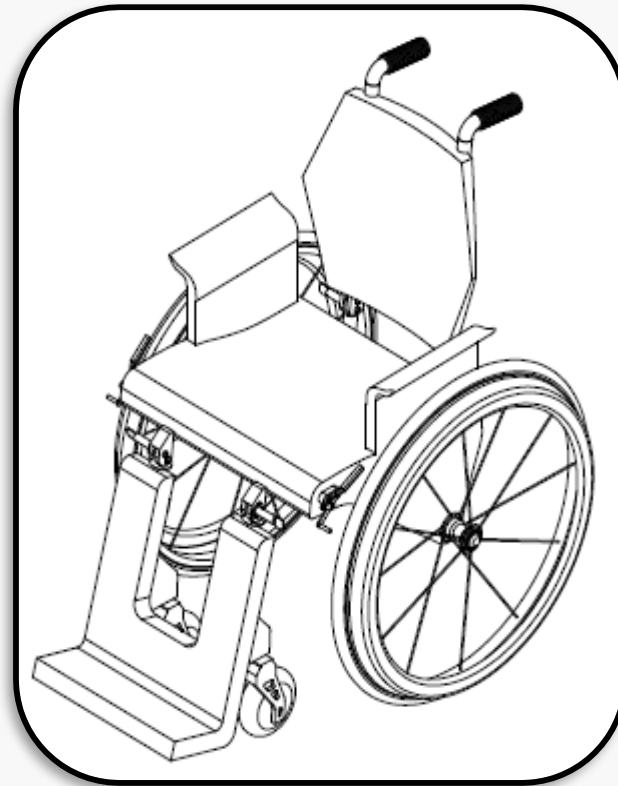
- 3 peças impressas independentes e customizadas de acordo com o paciente;
- Cadeira do tipo monobloco;
- Fácil Locomoção Independente ou com Auxílio;
- Facilidade de Montagem/Desmontagem;
- Dobrável;
- Freios de mão simples (item de mercado);
- Rodas dianteiras aro 5" (item de mercado);
- Rodas traseiras aro 24" com cubo Quick Release (item de mercado).



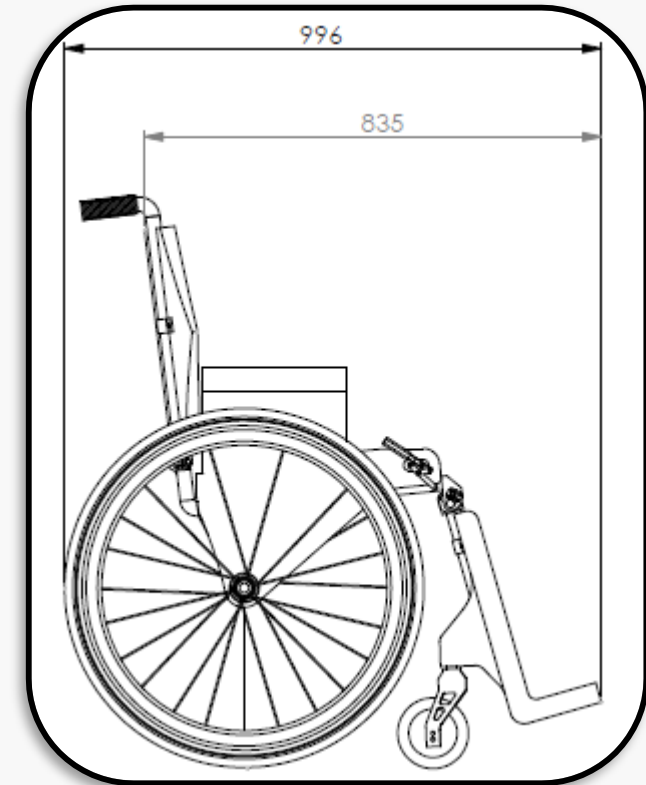
PROJETO



FONTE: Autores



FONTE: Autores



FONTE: Autores

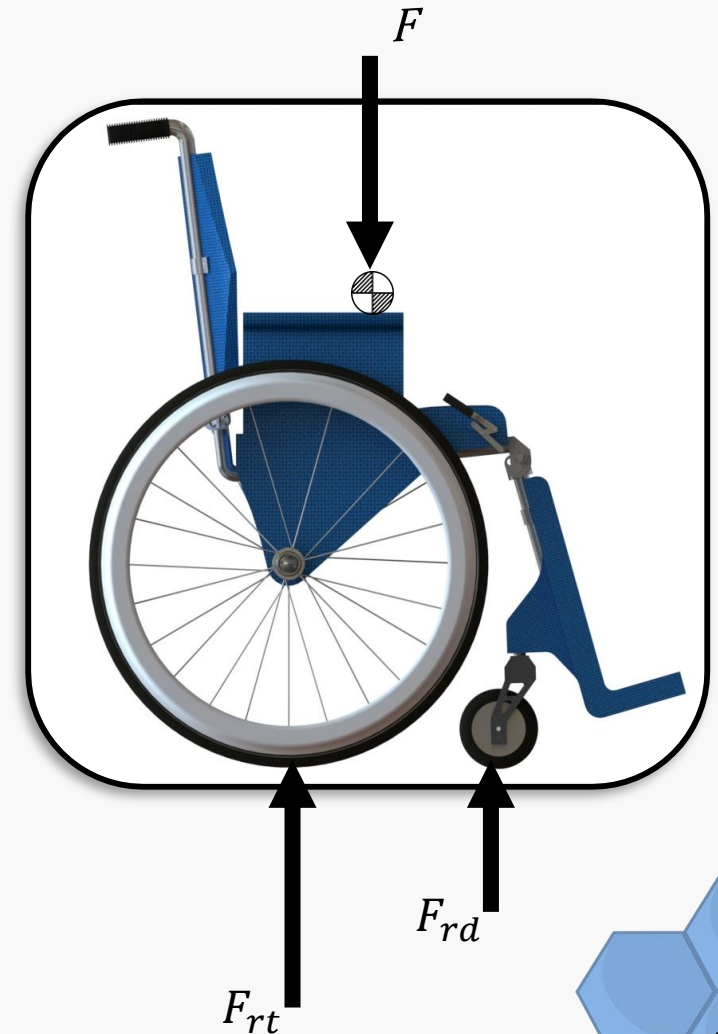
- Medidas variáveis de acordo com o paciente
(Utilizado medidas para a média do Brasileiro)



PROJETO

Cálculos

Parâmetros	Valores Adotados	Unidade
Material	PA11	-
Tensão de Escoamento (T_{esc})	41,00	MPa
Tensão resistência a tração (T_{rt})	54,00	MPa
Tensão a ruptura (T_r)	58,00	MPa
Massa do usuário (m_u)	80,00	Kg
Massa da cadeira (m_{cr})	17,20	kg
Gravidade (g)	9,81	m/s ²
Centro de Gravidade (roda dianteira) (CG_{rd})	194,85	mm
Centro de Gravidade (roda traseira) (CG_{rt})	144,53	mm
T_{rt}/T_{esc}	1,32	-
Carga constante (C_{cte})	1,00	-
Carga subitamente aplicada (C_{subA})	2,00	-
Material dúctil ($Mat.d$)	1,50	-
Comprimento até o CG (tombamento) (A)	244,10	mm
Altura até o CG (tombamento) (B)	660,22	mm
Raio da Roda Traseira (R)	305,00	mm
Comprimento do Pino (L)	84,10	mm





PROJETO

Cálculos

- Coef. De Segurança:

$$CS = \left(\frac{T_{rt}}{T_{esc}}\right) * C_{cte} * C_{subA} * Mat.d = 3,95$$

- Carga sobre a roda traseira:

$$F_{rt} = \frac{F * CG_{rd}}{CG_{rd} + CG_{rt}} = 1081,56 N$$

- Ângulo de Tombamento:

$$\theta_{tip} = \tan^{-1}\left(\frac{A}{B}\right) = 0,35 rad = 20,29^\circ$$

- Peso Total:

$$F = \{(m_u * g) + (m_{cr} * g)\} * CS = 3767,61 N$$

- Carga sobre a roda dianteira:

$$F_{rd} = \frac{F - (2 * F_{rt})}{2} = 802,25 N$$

- Momento no Pino da Roda:

$$M_{pr} = F * (R-L) = 832265,99 N.m$$



PROJETO

Simulação

A: rev9

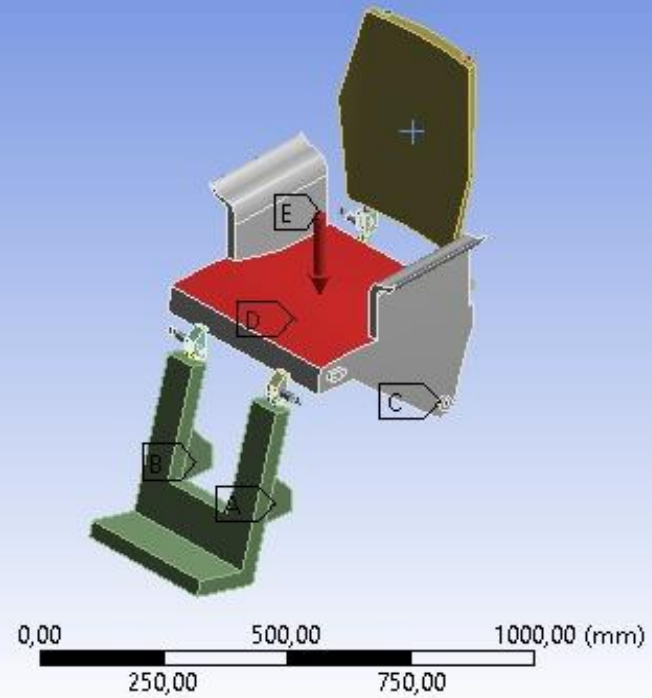
Static Structural

Time: 1, s

17/11/2020 23:41

- A** Displacement
- B** Displacement 2
- C** Fixed Support
- D** Fixed Support 2
- E** Remote Force: 800, N

ANSYS
R19.2

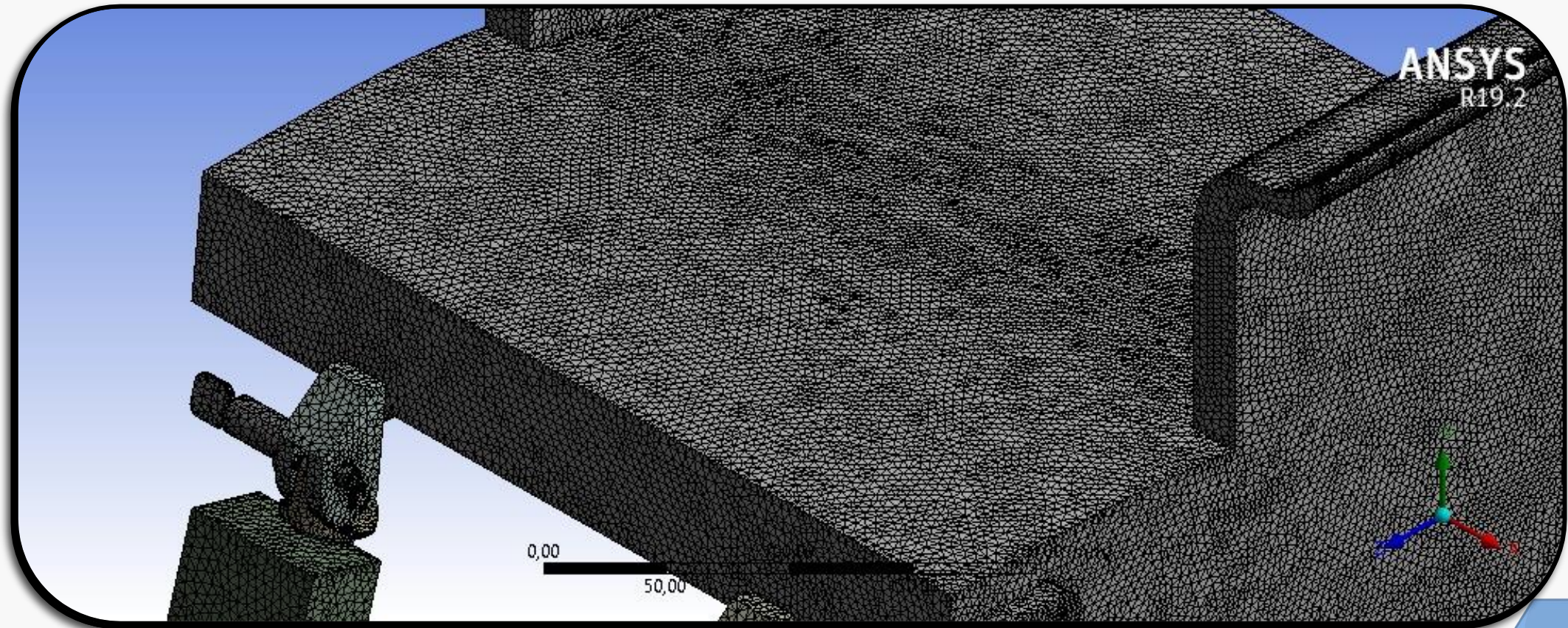


FONTE: Autores



PROJETO

Simulação

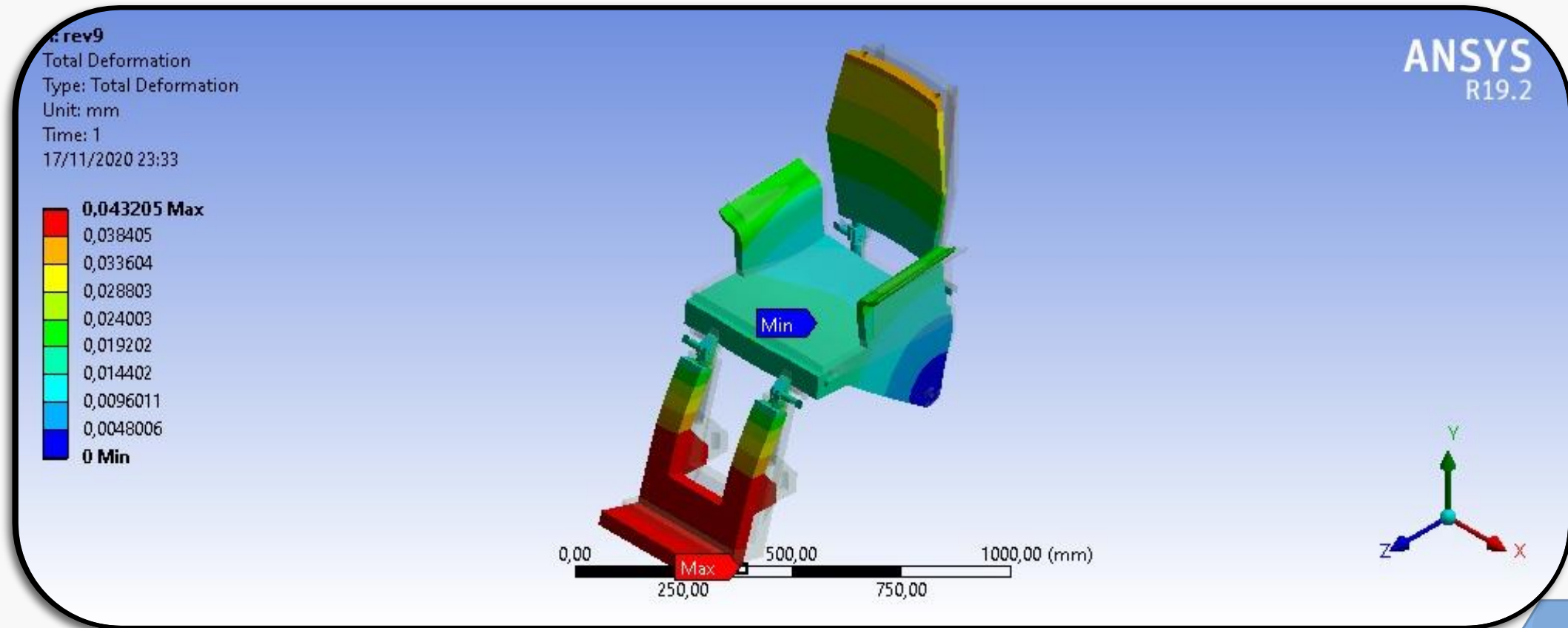


FONTE: Autores



PROJETO

Simulação



FONTE: Autores



PROJETO

Simulação

A: rev9

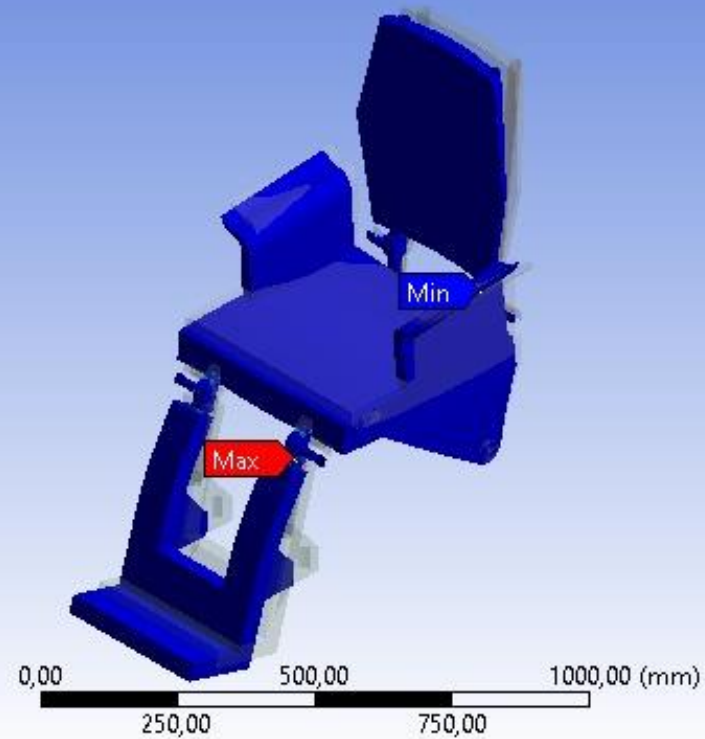
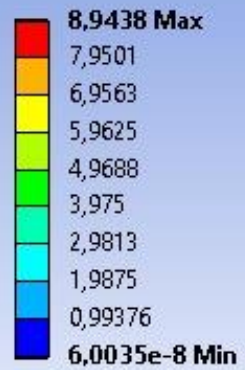
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

17/11/2020 23:35



ANSYS
R19.2

FONTE: Autores



PROJETO

Cálculos (CS – Simulação)

Parâmetros	Valores Adotados	Unidade
Material	PA11	-
Tensão de Escoamento (T_{esc})	41,00	MPa
Módulo de Elasticidade (Simulação – eixo x)	4,25	GPa
Módulo de Elasticidade (Simulação – eixo y)	4,25	GPa
Módulo de Elasticidade (Simulação – eixo z)	7,20	GPa
Tensão Atuante Máxima (Simulação - T_{Amax})	8,94	MPa
Massa do usuário (m_u)	80,00	Kg
Massa da cadeira (m_{cr})	17,20	kg
Gravidade (g)	9,81	m/s ²
Centro de Gravidade (roda dianteira) (CG_{rd})	194,85	mm
Centro de Gravidade (roda traseira) (CG_{rt})	144,53	mm
Comprimento até o CG (tombamento) (A)	244,10	mm
Altura até o CG (tombamento) (B)	660,22	mm
Raio da Roda Traseira (R)	305,00	mm
Comprimento do Pino (L)	84,10	mm



PROJETO

Cálculos (CS – Simulação)

- Coef. De Segurança:

$$CS = \left(\frac{T_{esc}}{T_{Amax}} \right) = 4,58$$

- Carga sobre a roda traseira:

$$F_{rt} = \frac{F' * CG_{rd}}{CG_{rd} + CG_{rt}} = 1254,82 \text{ N}$$

- Ângulo de Tombamento:

$$\theta_{tip} = \tan^{-1} \left(\frac{A}{B} \right) = 0,35 \text{ rad} = 20,29^\circ$$

- Peso Total:

$$F' = \{ (m_u * g) + (m_{cr} * g) \} * CS = 4371,16 \text{ N}$$

- Carga sobre a roda dianteira:

$$F_{rd} = \frac{F' - (2 * F_{rt})}{2} = 930,76 \text{ N}$$

- Momento no Pino da Roda:

$$M_{pr} = F' * (R-L) = 965590,01 \text{ N.mm}$$



PROJETO

Modelo Parâmetros [unid.]	Cadeira Comum	Cadeira Comum (Simulação)	InnovaChair	InnovaChair (Simulação)
CS	3,00	8,74	3,95	4,58
F [N]	2704,62	7878,38	3767,61	4371,16
F_{rt} [N]	721,84	2102,66	1081,56	1254,82
F_{rd} [N]	630,47	1836,53	802,25	930,76
θ_{tip} [graus]	22,85°	22,85°	20,29°	20,29°
M_{pr} [N.m]	749,18	218,23	832,27	965,59



PROJETO

<u>Item</u>	<u>Material</u>	<u>Qtde.</u>	<u>Valor Unit.</u>	<u>Valor Total</u>
Encosto	PA11	1,2 Kg	R\$ 1.000,00	R\$ 1.200,00
Assento	PA11	6,8 kg	R\$ 1.000,00	R\$ 6.800,00
Apoio de pé	PA11	2,0 kg	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00
Estrutura	Alumínio	2,5 m	R\$ 30,00	R\$ 75,00
Freios	Padrão fornecedor	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
Rodas traseiras (aro 24")	Padrão fornecedor	2	R\$ 250,00	R\$ 500,00
Cubo da roda (Quick Release)	Padrão fornecedor	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
Rodas dianteiras (aro 5")	Padrão fornecedor	2	R\$ 170,00	R\$ 340,00
Mão de obra	20% do custo	1	R\$ 2.263,00	R\$ 2.263,00
			TOTAL	R\$ 13.578,00

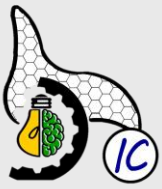
<u>Cadeiras de Rodas – “Concorrentes”</u>	<u>Valor Total</u>
Cadeira de Rodas Smart One	R\$ 14.990,00
Cadeira de Rodas Blizzard	R\$ 11.990,00



PROJETO

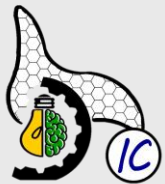
Conclusão





AGRADECIMENTOS

Agradecemos a atenção de todos, o auxílio e cuidado, principalmente do nosso orientador, durante todo este projeto. Vocês nos deram as ferramentas necessárias para chegarmos até aqui e nos tornarmos não apenas grandes engenheiros, mas grandes indivíduos. Vale também lembrar o apoio de nossos familiares, dos demais professores, das empresas parceiras e de todos que responderam a nossa pesquisa orientativa.



INTEGRANTES

Beatriz Lima Batista	12.114.748-2
Carlos Alberto Custódio Júnior	12.118.253-9
Gabriel de Paiva Dhein	12.118.447-7
Gabriel Goes Garcia	12.217.263-8
Guilherme Lima C. de Assis	12.218.139-9
Gustavo Leandro Canin	12.118.509-4
João Henrique de Mello R. Dias	12.215.339-8
Luis Carlos da Rocha Freire	12.214.355-5
Luis Ricardo Zocca da Silva	12.217.249-7
Matheus Valesi Barrionuevo	12.117.426-2
Vinícius Oliveira Alves	12.117.069-0

Orientador: Prof. Dr. Adalto de Farias