



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DA BAHIA**
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA COM ÊNFASE EM
MECATRÔNICA**

THIAGO ANDRADE SOUZA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO HIGIENIZADOR
DE LÂMINAS DE BARBEAR POR SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA**

**JEQUIÉ-BA
2023**

THIAGO ANDRADE SOUZA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O DESENVOLVIMENTO
DE UM EQUIPAMENTO HIGIENIZADOR DE LÂMINAS DE BARBEAR
POR SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Roberto Oliveira Brito

Coorientador: Prof. Dr. Wesley Matos Cidreira

JEQUIÉ-BA

2023

THIAGO ANDRADE SOUZA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO
HIGIENIZADOR DE LÂMINAS DE BARBEAR
POR SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA**

A banca examinadora, abaixo listada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO HIGIENIZADOR DE LÂMINAS DE BARBEAR POR SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA” elaborado por “Thiago Andrade Souza” como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, com ênfase em Mecatrônica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Jequié-BA, 30/11/2023

Comissão Examinadora

Prof. Esp. Roberto Oliveira Brito
IFBA
(Orientador)

Prof. Dr. Wesley Cidreira
IFBA
(Coorientador)

Prof^ª. Dra. Núbia Moura
IFBA

Ao meu avô Joaquim Andrade (*in memoriam*), que, levantando tantos tijolos, acabou construindo um castelo chamado Cortesia...

Agradecimentos

- À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) por ceder o laboratório de física para experimento utilizando o gerador de Van de Graaff.
- Aos meus colegas e amigos Felipe Mendes, Pedro Paulo Soares, Victor Bastos, Lucas Meira, Gabriel Beltrão e Matheus Carvalho por me ajudarem durante minha jornada acadêmica e terem me inspirado a ser uma pessoa melhor.
- Ao meu coorientador Wesley Cidreira, que me ajudou muito e me deu boas esperanças para terminar esse trabalho.
- Aos professores amigos Vicente Cajueiro, Núbia Moura e Layse Inocência por serem pessoas exemplares e me incentivarem a ser um bom profissional.
- Aos meus familiares Luzitânia Andrade e Gabriel Andrade pelo suporte que recebi desde sempre.
- À minha família de consideração composta por Frank Ramos, Bárbara Evelyn, Maria Vitória, Matheus Elisei e Thayner Ribeiro por me incentivarem a seguir em frente.

*“He who does not understand your silence
will probably not understand your words.” —
Elbert Hubbard*

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO HIGIENIZADOR DE LÂMINAS DE BARBEAR POR SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA

Resumo

Existem dificuldades enfrentadas pelos usuários de aparelhos de barbear na hora de remover os pelos das lâminas após o uso. Uma dessas dificuldades é o acúmulo de pelos nas lâminas de barbear, que pode resultar em uma experiência de barbear frustrante, menos eficiente e até mesmo dolorosa, além de afetar a durabilidade das lâminas e a qualidade do barbear. Por isso, muitos usuários procuram soluções e técnicas para lidar com esse problema e manter suas lâminas de barbear em boas condições por mais tempo. O autor traz uma hipótese inovadora em que é possível remover pelos de um aparelho de barbear por separação eletrostática. Sendo assim, o objetivo principal é verificar a possibilidade de um desenvolvimento do primeiro protótipo de um equipamento higienizador de aparelho de lâminas de barbear por separação eletrostática. A metodologia utilizada se baseia em pesquisas bibliográficas que estão ligadas ao assunto e também no método Six Sigma DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Validate), contendo as cinco fases: definição, medição, análise, design e validação. Na fase de definição, foram realizados o escopo do projeto, definição de cronograma, análise de risco e estudo de materiais necessários para a construção do equipamento. Já na fase de medição, foi feita uma coleta de dados para aprimoramento teórico, bem como os para definir os parâmetros críticos do design e os preparativos para validar o funcionamento do produto. Depois, na fase de análise, houve um experimento utilizando o Gerador de Van de Graaff que provou a ineficácia do equipamento desenvolvido, de acordo com todos os tipos de funcionamento propostos. Em sequência, houve comentários sobre seus detalhes junto com a visualização do equipamento em um software 3D. Por fim, houve uma verificação do experimento, evidenciando a invalidação da hipótese nas condições apresentadas no experimento. Diante disso, houve considerações finais invalidando a hipótese de que é possível remover os pelos de uma lâmina de barbear por separação eletrostática. Logo, espera-se que este projeto possa servir de exemplo para futuras criações e inovações na área quando superarem as limitações tecnológicas atuais e que haja cada vez mais conforto e satisfação para os usuários de aparelhos de barbear.

Palavras-chave: Lâminas de barbear; Protótipo; Higienização; Engenharia mecânica; Eletrização de corpos.

DEVELOPMENT OF AN ELECTRICAL INDUCTION HYGIENE EQUIPMENT FOR SHAVERS

Abstract

There are difficulties faced by razor users when it comes to removing hair from the blades after use. One of these problems is the accumulation of hair on the razor blades, which can result in a frustrating, less efficient, and even painful shaving experience, affecting the longevity of the blades and the quality of the shave. Therefore, many users seek solutions and techniques to deal with this issue and keep their razor blades in good condition for a longer time. The author presents an innovative hypothesis in which it is possible to remove hair from a razor by electrostatic separation. Thus, the main objective is to verify the possibility of developing the first prototype of a razor blade sanitizing device through electrostatic separation. The methodology used is based on bibliographic research related to the subject and the Six Sigma DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Validate) method, containing the five phases: definition, measurement, analysis, design, and validation. In the definition phase, the project scope, schedule definition, risk analysis, and the study of materials needed for the construction of the device were carried out. In the measurement phase, data collection was performed for theoretical improvement, as well as to define the critical design parameters and preparations to validate the product's functionality. Then, in the analysis phase, an experiment using the Van de Graaff Generator demonstrated the ineffectiveness of the developed equipment, according to all proposed operating modes. Subsequently, there were comments on its details along with the visualization of the equipment in 3D software. Finally, there was a verification of the experiment, highlighting the invalidation of the hypothesis under the conditions presented in the experiment. In light of this, final considerations invalidated the theory that it is possible to separate hair from a razor blade by electrostatic separation. Therefore, it is expected that this project can serve as an example for future creations and innovations in the field when overcoming current technological limitations, providing increasing comfort and satisfaction for razor users.

Keywords: Razor blades; Prototype; Sanitation; Mechanical Engineering; Electrification of bodies.

Lista de figuras

Figura 1 – Corpo A carregado negativamente e corpo B após a indução.	9
Figura 2 – Corpo A carregado negativamente e corpo B após contato com a terra.	9
Figura 3 – Corpo A carregado negativamente e corpo B depois de retirado do fio de aterramento.	9
Figura 4 – Representação esquemática das forças.	10
Figura 5 – Esquema do gerador de Van de Graaff.	10
Figura 6 – Funcionamento do gerador.	12
Figura 7 – Série triboelétrica de 22 materiais	13
Figura 8 – Diagrama de Gantt do projeto	16
Figura 9 – Fluxograma do suposto funcionamento do equipamento, conforme quatro possíveis procedimentos.	17
Figura 10 – Esboço do protótipo do equipamento	18
Figura 11 – Gerador de Van de Graaff EQ047C	23
Figura 12 – Painel de comando do Gerador de Van de Graaff EQ047C	25
Figura 13 – Experimento da ideia de funcionamento 01	26
Figura 14 – Experimento da ideia de funcionamento 02 - vista 01	26
Figura 15 – Experimento da ideia de funcionamento 02 - vista 02	27
Figura 16 – Bastão de esfera de descarga do Gerador de Van de Graaff EQ047C	27
Figura 17 – Experimento de uma nova ideia de funcionamento - Vista 01	28
Figura 18 – Experimento de uma nova ideia de funcionamento - Vista 02	29
Figura 19 – Peças com encaixe para parafusos	30
Figura 20 – Revestimento do equipamento para proteção do usuário	31
Figura 21 – Suporte para aparelho de barbear retrátil	31
Figura 22 – Botão de liga e desliga no equipamento	32

Lista de quadros

Quadro 1 – Seleção das literaturas.	4
Quadro 2 – Matriz de decisão entre os possíveis procedimentos.	18
Quadro 3 – Orçamento do protótipo inicial	19

Lista de abreviaturas e siglas

UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
IFBA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NR12	Norma Regulamentadora 12
<i>Safety razors</i>	Lâminas de segurança
<i>Market share</i>	Quota de mercado
<i>Define</i>	Definir
<i>Measure</i>	Medir
<i>Analyze</i>	Analisar
<i>Design</i>	Design
<i>Validate</i>	Validar
mm	milímetro
m	metro
V	Volts
RPM	Rotações por minuto
C	Coulomb
N/C	Newton por Coulomb
V/m	Volt por metro
$N.m^2/C^2$	Newton metro quadrado por Coulomb ao quadrado
kV	kilovolts
μA	microampères
<i>mA</i>	miliampères
Hz	Hertz

kg kilograma

Pa pascal

Lista de símbolos

™	Marca comercial
∅	Símbolo de diâmetro

Sumário

1 – Introdução	1
1.1 Estrutura do trabalho	2
1.2 Hipótese	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo Geral	2
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificativa	3
2 – Revisão de Literatura	4
2.1 Desenvolvimento dos aparelhos de barbear	5
2.1.1 Lâminas tipo Gillette	6
2.2 O Pelo	8
2.3 Separação eletrostática	8
2.3.1 Polarização Induzida (Eletrização por Indução)	8
2.3.2 Campo elétrico (Gerador de Van de Graaff)	10
2.3.3 Separadores Triboelétricos	12
2.4 Metodologia DMADV	13
3 – METODOLOGIA	15
4 – Resultados	16
4.1 <i>Define</i>	16
4.1.1 Identificação de propósito do equipamento	16
4.1.2 Cronograma	16
4.1.3 Definição de equipe	17
4.1.4 Definição do funcionamento	17
4.1.5 Definição do equipamento	18
4.1.6 Análise de risco do projeto e o risco de equívoco na "avaliação científica"	20
4.2 <i>Measure</i>	21
4.2.1 Parâmetros críticos para o design	21
4.2.2 Preparativos para validação de funcionalidade	21
4.2.3 Validação por comparação:	22
4.2.4 Preparação para validação por experimentação:	22
4.3 <i>Analyze</i>	24
4.3.1 O experimento	24

4.3.2	Ideia 01	25
4.3.3	Ideia 02	26
4.3.4	Ideia 03	27
4.3.5	Ideia 04	28
4.3.6	Ideia 05	28
4.3.7	Considerações do experimento	29
4.4	<i>Design</i>	29
4.4.1	Dimensionamento	30
4.4.2	Facilidade de manutenção	30
4.4.3	Segurança	31
4.4.4	Usabilidade	31
4.5	Verify	32
4.6	Recomendações para trabalhos futuros	34
5 – Considerações finais		35
Referências		37

1 Introdução

A crescente ênfase na higiene é um aspecto importante do crescimento do mercado de aparelhos de barbear nos Estados Unidos (LIMITED, 2022), assim como no mundo inteiro. É de se esperar que, eventualmente, homens e mulheres estejam mais conscientes da aparência e enfatizem sua imagem. De acordo com uma pesquisa da Procter Gamble™, um aparelho de barbear representa uma parte importante dos gastos com cuidados masculinos (LIMITED, 2022).

"Em um estudo realizado, a empresa Philips constatou que 78% dos homens usam habitualmente algum tipo de barba. Além disso, cerca de 62% barbeiam-se pelo menos uma vez por semana, 28,9% fazem uma vez por mês e 6% fazem diariamente"(PHILIPS, 2016 apud BRAUN et al., 2022, p. 02). Segundo Limited (2022), uma pesquisa feita nos Estados Unidos mostrou que em 2021, o mercado de aparelhos de barbear foi avaliado em 2,753.4 milhões de dólares. Dentre os modelos vendidos, as lâminas de cartucho obtiveram mais aceitação, com mais de 40% do total de vendas totalizando aproximadamente 1,2 bilhões de dólares (LIMITED, 2022). O principal motivo para aceitação desse modelo é graças a sua fácil adequação, maior segurança e facilidade de substituição. Segundo a mesma pesquisa, os modelos tradicionais e os modelos de segurança seguem o ranking devido ao seu preço e à preferência de indivíduos com irritações de pele, respectivamente (LIMITED, 2022).

No Brasil, conforme dados da consultoria Nielsen, o segmento de lâminas de barbear faturou R\$ 2,7 bilhões em 2021. Um nicho completamente dominado pela Gillette, que detém 80% de *market share* (SILVA, 2022).

Dito isso, para este projeto serão considerados os modelos *safety razors* (lâminas de segurança), lâminas de cartucho e lâminas tradicionais como referência para a criação do equipamento, visto que são os mais utilizados.

Embora esses aparelhos sejam descartáveis, um dos principais problemas que os usuários de lâminas de barbear enfrentam é o acúmulo de pelos nas lâminas após o uso. À medida que os pelos são cortados, eles se acumulam entre as lâminas, o que pode levar a uma redução na eficácia do corte e na sensação de irritação na pele. Além disso, a acumulação de pelos nas lâminas pode tornar a limpeza do aparelho mais difícil, o que pode levar a uma diminuição da durabilidade da lâmina e aumentar o risco de infecções bacterianas.

Há várias formas de resolver esse problema, porém existe uma solução que supostamente pode ser eficiente na remoção dos pelos de lâminas, exigindo pouca interação humana, já que a praticidade é um fator crucial para qualquer usuário de lâminas de bar-

bear. Essa solução é um equipamento higienizador de aparelhos de barbear por separação eletrostática.

A separação de objetos por força de repulsão eletrostática é um método comumente utilizado na indústria para separar misturas de materiais, como polímeros e metais, por exemplo (LUZ et al., 2018). Esse processo será explicado posteriormente e é o princípio de funcionamento do equipamento proposto.

É também necessário evidenciar que após uma revisão da literatura, não foram encontradas evidências da construção de um protótipo ou equipamento semelhante ao que foi referido neste projeto. Embora existam estudos relacionados à área de interesse, nenhum deles se concentrou especificamente na construção do equipamento proposto. Isso infere a importância do presente estudo para a higienização de lâminas de barbear.

1.1 Estrutura do trabalho

O trabalho estruturou-se em capítulos, onde inicialmente, no Capítulo 1, foi abordada a introdução ao tema, os objetivos, a hipóteses e a justificativa do estudo.

No capítulo 2 foi apresentada a fundamentação teórica de conceitos e temas relevantes. O capítulo 3 aborda os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do trabalho. Já o capítulo 4 apresenta os resultados encontrados, contendo o projeto em si.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais do projeto e sugestões do autor para futuras inspirações.

1.2 Hipótese

É possível criar um equipamento higienizador de aparelhos de barbear descartáveis, sendo capaz de separar os pelos de uma lâmina de barbear através da separação eletrostática.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Verificar a possibilidade de desenvolvimento de um equipamento higienizador de aparelhos de barbear por separação eletrostática.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Definir uma forma de funcionamento do equipamento.
2. Elaborar um experimento para validação de hipótese.
3. Indicar recomendações para futuros projetos.

1.4 Justificativa

Conforme já descrito na introdução, as lâminas de barbear são utilizadas frequentemente e abrange um mercado global. A grande parte dos usuários enfrenta o problema de acumulação de pelos após o uso, deste modo, o autor trás uma hipótese inovadora, capaz de resolver o problema de forma prática.

A separação eletrostática é um fenômeno físico promissor que pode ser explorado para criar um aparelho higienizador de lâminas de barbear eficaz e inovador. A novidade dessa técnica proporciona uma oportunidade para inovação na indústria de cuidados pessoais, incentivando a busca por soluções que melhorem a experiência de barbear.

É evidente que devido aos limites orçamentários de um estudante, a criação de um equipamento se mostra inferior comparado ao de uma indústria ou empresa. Portanto, o autor deseja apenas mostrar a sua solução proposta, sem fins lucrativos até o momento, e incentivar a construção de versões aprimoradas da ideia.

2 Revisão de Literatura

Para a construção do referencial teórico houve uma pesquisa nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo, PubMed e Google na busca por estudos relacionados ao processo de barbear, aparelhos de barbear, separação eletrostática e metodologia DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Validate*).

A tabela 1 mostra a seleção das literaturas finais.

Quadro 1 – Seleção das literaturas.

Nº	Título	Autores	Tipo	Periódico
1	U.S. Razor Market Size and Share Analysis by Type, Segment, Distribution Channel, Blade Type, Consumer - Forecast to 2030	Prescient & Strategic Intelligence Private Limited	Artigo Científico	Prescient & Strategic Intelligence Private Limited, 2022.
2	PERCEPÇÃO DE DESCONFORTO DOS USUÁRIOS NO USO DE APARELHOS DE BARBEAR DESCARTÁVEIS	FILHO, A. S. F.	Dissertação	https://www.udesc.br/arquivos/ceart/id_cpmenu/1229/DISSERTA_O_ADVALDO_DE_SOUZA_FERRAZ_FILHO_15713251842617_1229.pdf . Acesso em: 16 de abril de 2023.
3	Processos de Eletrização.	GOUVEIA, R.	Resumo Acadêmico	https://www.todamateria.com.br/processos-de-eletrizacao/ . Acesso em: 17 de abril de 2023.
4	Pesquisa geral no site.	GILLETTE	Site	https://www.gillette.com.br/pt-br . Acesso em: 15 de abril de 2023.
5	Insights into shaving and its impact on skin.	COWLEY, K.; VANOOSTHUYSE, K	Artigo Científico	British Journal of Dermatology, 2011.
6	The male beard hair and facial skin – challenges for shaving.	MAURER, M.; RIETZLER, M.; BURGHARDT, R. and SIEBENHAAR, F.	Artigo Científico	International Journal of Cosmetic Science, 2016
7	A Gestão da inovação da Gillette.	BOUZADA, M. A. C.; BARBOSA, J. G. P.	Artigo Científico	Revista de Administração e Inovação, 2009.
8	Instrumentação para o Ensino de Física III	MELLO, V. L.	Livro	CESAD, 2011.
9	Beleza masculina: um mercado em alta.	CARBINATTO, B.	Artigo Jornalístico	https://vocesa.abril.com.br/empreendedorismo/beleza-masculina-um-mercado-em-alta/ . Acesso em: 19 de abril de 2023.
10	Explorando fenômenos da eletricidade.	SAAD, P. D. F. D. et al.	Livro	Instituto de Física - USP, 2008.
11	Tratamento de Minérios	Luz, A. B; França, S. C. A; Braga, P. F. A.	Livro	CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2018.
12	Eletricidade e Magnetismo I	SANTOS, A. C. S.	Livro	Instituto de Física -UAB/UECE, 2015.
13	Mudança de hábito afia a guerra entre as lâminas de barbear	MAGLIANO, G.	Artigo Jornalístico	https://veja.abril.com.br/economia/mudanca-de-habito-afia-a-guerra-entre-as-laminas-de-barbear-2/ . Acesso em: 23 de abril de 2023.
14	Gillette revela o modelo de lançamentos de produtos que a faz deter 80% de market share	SILVA, B.	Artigo Jornalístico	https://www.istoedinheiro.com.br/gillette-revela-o-modelo-de-lancamentos-de-produtos-que-a-faz-deter-80-de-market-share/ . Acesso em: 23 de abril de 2023.
15	Utilização de dois aparelhos de barbear descartáveis: uma análise entre o design e a usabilidade	Braun, L. A; Lucas, R. E. C; Merino, G. S. A. D; Merino, E. A. D.	Artigo Acadêmico	<i>Journal of Development</i> , 8(4), 23308–23331. https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-039
16	Philips apresenta conclusões do estudo sobre os “Hábitos de cuidado pessoal masculino”	PHILIPS	Artigo Jornalístico.	https://www.philips.pt/about/news/archive/standard/news/press/2016/20160801_Philips_male_personal_care_habits.html . Acesso em: 18 de abril de 2023.

17	Introducing Design for Six Sigma's DMADV Methodology to the Packaging Industry.	DESHPANDE, Sumeet.	Artigo Científico	Rochester Institute of Technology, New York, 2016.
18	UNITARY RAZOR BLADE AND SHAVING RAZOR CARTRIDGE, USNG SAME.	Young Ho Park; Su Hwan Kim; Byung Sun Ahn.	Publicação de Patente	2011. US 2011/0232100 A1, 09/09/2011.
19	SAFETY RAZORS AND GUARDS.	Alan Crook; Oliver D. Oglesby; Brian Oldroyd.	Publicação de Patente	1998. US-5,191,712, 09/03/1998.
20	CARACTERIZAÇÃO TRIBOLÓGICA E TÉRMICA EM CABELO HUMANO	Débora Alves; Luana Demosthenes; Amal Ezubair	Artigo científico	74º Congresso Anual da ABM.
21	Diminuição do peso do cabelo: causas e tratamentos	Nilton de Ávila Reis	Artigo online	Doppio Hair & Health.
22	A safety Razor Compendium - The Book	Robert K. Waits	Livro	ISBN 978-1-312-29353-3.
23	CONSTRUÇÃO DE UM MINI GERADOR DE VAN DE GRAAFF	Guilherme Coco Beltramini	Relatório Acadêmico	https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\F590\F690\F809\F895/F809/F809_sem1_2007/GuilhermeC-Landers\F609_RF2.pdf .
24	The male beard hair and facial skin - challenges for shaving	M. Maurer; M. Rietzler; R. Burghardt; F. Siebenhaar.	Artigo científico	Society of Cosmetic Scientists and the Société Française de Cosmétologie.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

2.1 Desenvolvimento dos aparelhos de barbear

A primeira navalha com proteção provavelmente foi concebida por Jean Jacques Perret de Paris, por volta de 1762. A patente britânica de 1847 de William Henson descreve tanto uma navalha com proteção tipo enxada quanto dobrável, mas ele não alegou ter inventado o modelo. Os Irmãos Kampfe da cidade de Nova York patentearam uma navalha com proteção tipo enxada com uma lâmina em forma de cunha em 1880 (WAITS, 2014).

"O primeiro modelo de um aparelho de barbear em forma de "T", foi apresentado nos Estados Unidos por volta de 1888. O revolucionário aparelho possuía uma bainha de metal sobre a lâmina, com o objetivo de impedir cortes graves, como era comum acontecer com o uso da navalha."(FERRAZ, 2019, p.35).

Waits (2014) comenta os tipos de lâmina:

- **Lâmina com proteção de cabo reto:** Uma navalha com proteção e um cabo reto

paralelo à lâmina.

- **Lâmina com proteção dobrável:** Uma navalha dobrável com proteção integral ou destacável.
- **Tipo enxada:** Cabo em ângulo reto com a cabeça. Algumas podem também ser giradas ou montadas como uma lâmina de cabo reto.
- **Coletora de espuma:** Lâmina tipo enxada com um coletor de espuma curvo atrás e abaixo da lâmina. Usa uma lâmina de cunha de borda única.
- **Capa:** Uma porção fechada entre o cabo e a parte superior da lâmina em uma navalha tipo enxada.
- **Tipo Gillette:** Tipo enxada, usa uma lâmina de dupla borda (geralmente flexível).

Em 1901, King. C. Gillette criou e patenteou um aparelho de barbear que utilizava lâminas descartáveis. O aparelho descartável evoluiu ao mesmo tempo que a desconfortável navalha perdia mercado. A empresa Gillette se torna referência e líder do segmento, tendo na sua primeira década, dos anos 1901 a 1910, a expressiva marca de 41,4 milhões de lâminas vendidas ([GILLETTE, 2023](#)).

2.1.1 Lâminas tipo Gillette

Até 1960 a Gillette usava como material das suas lâminas o aço carbono. Este enferrujava rapidamente e exigia que o usuário mudasse as lâminas frequentemente. Em 1965, a empresa inglesa concorrente, Wilkinson, cresce rapidamente no mercado europeu, por trazer em seus aparelhos lâminas de aço inoxidável, que não enferrujavam e podiam ser usadas várias vezes antes de perderem o fio. Nesta corrida pelos novos e atentos consumidores, a Gillette é forçada a mudar suas linhas de produção para aço inoxidável, detendo a patente destas lâminas. ([FERRAZ, 2019](#), p.36).

A Gillette, assim como suas concorrentes, evoluíram seus aparelhos introduzindo lâminas paralelas, fitas com produtos lubrificantes e mobilidade das lâminas, com o objetivo de trazer mais conforto e segurança para os consumidores ([FERRAZ, 2019](#)). Tais inovações, contribuíram para uma nova fase de modelos de aparelhos de barbear, contendo as seguintes características:

- a) Lâminas montadas sobre molas individuais;
- b) Lâminas paralelas soldadas a laser;

- c) Melhor posicionamento das lâminas;
- d) Mola com fita lubrificante;
- e) Novo cabo anatômico;
- f) Melhor enxágue e limpeza das lâminas. De acordo com o fabricante, todas como possibilidade de um corte mais rente, suave, seguro e confortável.

Hoje, existem vários ingredientes que compoem uma lâmina de barbear, sendo esses usados em cada tipo de aparelho, direcionados para uma situação específica (GILLETTE, 2023). Por sua vez, os modelos escolhidos para estudo tem como composição: Resinas termoplásticas, elastômero, aço inoxidável revestido com politetrafluoretileno, lubrificantes, antioxidantes e corante (GILLETTE, 2023).

Como propriedades técnicas relevantes para o estudo, tem-se:

- A distância entre uma lâmina e outra varia entre $0,5\text{mm}$ e $0,9\text{mm}$ (PARK et al., 2011), podendo ir até 1.5mm (CROOK et al., 1998). É notório que diferentes versões de aparelhos contém diferentes especificidades técnicas, logo, diferentes distâncias entre as lâminas.
- Os cientistas da Gillette afirmam que todas as lâminas têm a mesma espessura no fio de corte: aproximadamente $0,00006\text{ mm}$. (GILLETTE, 2023)

A Gillette (2023) recomenda a higienização dos seus aparelhos de barbear seguindo os passos:

1. Enxágue sua navalha com frequência enquanto estiver se barbeando. Para obter os melhores resultados, não bata a navalha na pia, mas em vez disso, movimente-a em água morna ou sob água corrente para remover os resíduos do barbear.
2. Sacuda qualquer excesso de água e deixe a navalha secar ao ar livre, em vez de secar as lâminas com uma toalha.
3. Para evitar ferrugem e danos, armazene sua navalha em seu suporte em uma área seca. Guarde-a longe de outros produtos de banheiro (por exemplo, sprays de limpeza). Se você não tiver um suporte, armazene a navalha com a face para cima em superfícies, ou verticalmente em um copo ou suporte.

Sobre a durabilidade do objeto, depende da densidade do cabelo e a frequência é utilizado, mas em média, cada lâmina dura aproximadamente um mês de barbear. Porém para obter uma melhor eficácia, recomenda-se a troca do cartucho ao primeiro sinal de perda de corte ou desconforto (GILLETTE, 2023).

2.2 O Pelo

Os pelos crescem de forma distinta em cada pessoa, sofrendo influência de diversos fatores, como: a região, idade, sexo, peso, metabolismo, hormônios e ainda as estações do ano. Normalmente, os pelos faciais têm como taxa média de crescimento diário uma variação entre 0,3 e 0,5 mm, que é semelhante à taxa de crescimento dos pelos do couro cabeludo (MAURER et al., 2016 apud FERRAZ, 2019).

Quanto aos pelos

- A espessura média de um fio de cabelo humano é de 0,7mm (PELIZER, 2015).
- O coeficiente médio de atrito de um fio de cabelo seco é de $0,33 \pm 0,08$, aumentando para $0,43 \pm 0,12$ em cabelos molhados (ALVES et al., 2019). Por ser mais frequente no uso de aparelhos de barbear, considera-se o valor de cabelos molhados.
- A massa estimado de cada fio de cabelo por polegada está entre 0,00035 a 0,00059 gramas, aumentando conforme o comprimento (REIS, 2022). Considerando o uso da lâmina para pelos menores, utiliza-se a menor massa.

2.3 Separação eletrostática

"A separação eletrostática é um processo de concentração de minérios que se baseia nas diferenças entre algumas das propriedades dos minerais, tais como: condutibilidade elétrica, susceptibilidade em adquirir cargas elétricas superficiais, forma geométrica, densidade, entre outras"(LUZ et al., 2018, p.368). Para promover a separação, é necessária a existência de dois fatores:

- Carga elétrica superficial das partículas ou polarização induzida que lhes permitam sofrer a influência do campo elétrico;
- Um campo elétrico de intensidade suficiente para desviar uma partícula eletricamente carregada, quando em movimento na região do campo.

Portanto, existem duas etapas na separação eletrostática: o carregamento elétrico das partículas e a separação (LUZ et al., 2018).

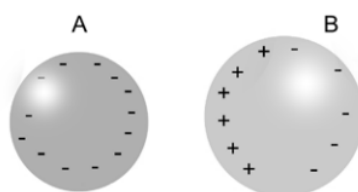
2.3.1 Polarização Induzida (Eletrização por Indução)

"A eletrização por indução pode ocorrer sem contato entre os corpos. Quando um corpo eletrizado (indutor) é aproximado de um condutor (induzido), inicialmente neutro,

induz neste uma distribuição de cargas."(GOUVEIA, s.d.). Isso ocorre pois, a configuração das cargas do corpo neutro se modifica de forma que cargas de sinal contrário a do primeiro corpo tendem a se aproximar do mesmo, e as de sinais iguais tendem a ficar o mais afastado possível (MELLO, 2011).

"Ou seja, na indução ocorre a separação entre algumas cargas positivas e negativas do corpo neutro ou corpo induzido."(MELLO, 2011, p. 13). Dessa forma, "o condutor permanecerá neutro, entretanto, a região do condutor mais próxima do indutor ficará com excesso de cargas de sinal contrário do corpo eletrizado."(GOUVEIA, s.d.).

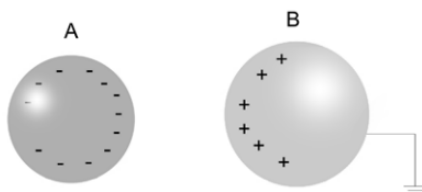
Figura 1 – Corpo A carregado negativamente e corpo B após a indução.



Fonte: Santos (2015, p. 14).

Se ligarmos o condutor B à Terra (figura 2), as cargas negativas, repelidas pelo corpo A escoam-se para a Terra e o corpo B fica carregado positivamente. Se desfizemos a ligação com a Terra e, em seguida, afastarmos, novamente, os corpos, as cargas negativas em B são redistribuídas de forma que as cargas negativas em excesso ficam homoganeamente distribuídas (figura 3) (SANTOS, 2015, p. 15).

Figura 2 – Corpo A carregado negativamente e corpo B após contato com a terra.



Fonte: Santos (2015, p. 15).

Figura 3 – Corpo A carregado negativamente e corpo B depois de retirado do fio de aterramento.

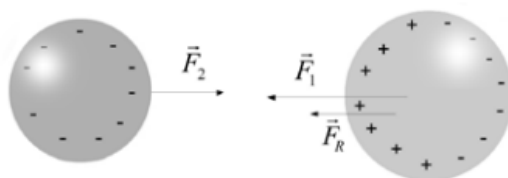


Fonte: Santos (2015, p. 15).

Santos (2015) Complementa:

Na Figura 4, repetimos a situação em que o corpo B está neutro, mas apresentando uma separação de cargas. As cargas negativas de B que estão mais próximas de A são repelidas deixando cargas positivas nessa região, enquanto as cargas negativas de B são repelidas por A. Porém, a distância entre o corpo A e as cargas positivas de B é menor do que a distância entre o corpo A e as cargas negativas de B. Assim, $|\vec{F}_1| > |\vec{F}_2|$, o que faz com que a força resultante $|\vec{F}_R|$ seja de atração (SANTOS, 2015, p. 15).

Figura 4 – Representação esquemática das forças.



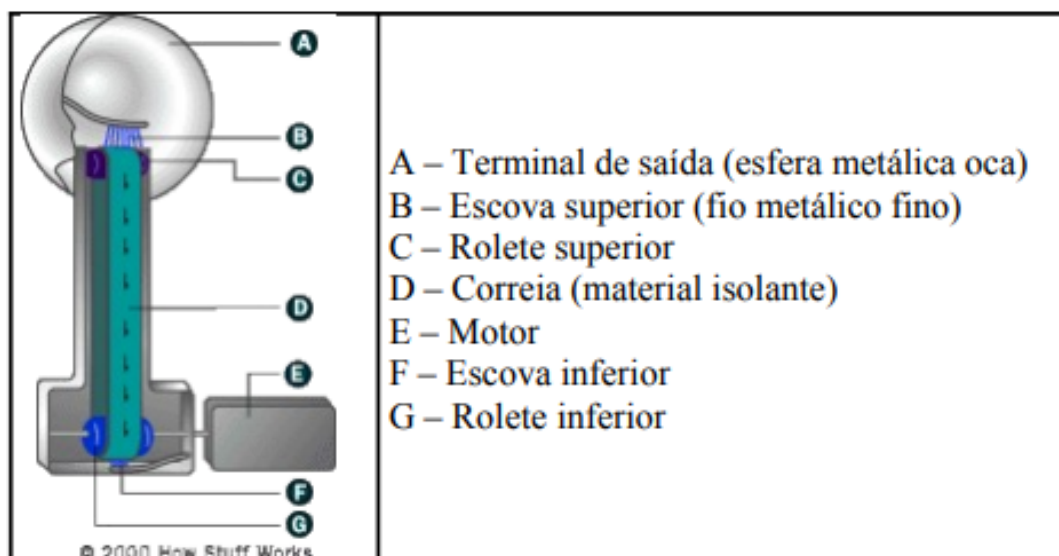
Fonte: Santos (2015, p. 15).

Logo, é possível dizer que, durante a indução, podemos ter sempre uma força de atração entre o corpo eletrizado (indutor) e o corpo neutro (induzido) (SANTOS, 2015).

2.3.2 Campo elétrico (Gerador de Van de Graaff)

Um gerador de Van de Graaff é um dispositivo que utiliza uma correia de material isolante para acumular muitas cargas em uma esfera metálica oca (BELTRAMINI, 2022). Na figura 5 abaixo, é possível observar os componentes de um gerador de Van de Graaff.

Figura 5 – Esquema do gerador de Van de Graaff.

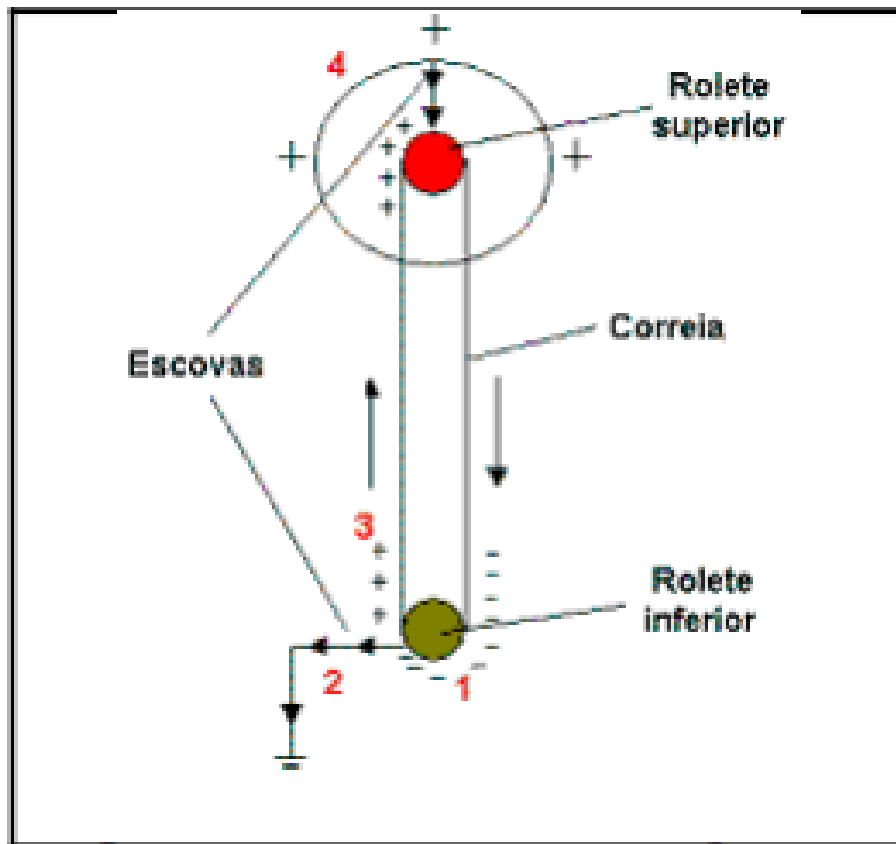


Fonte: Beltramini (2022, p. 04).

Beltramini (2022) define o funcionamento do dispositivo em cinco etapas, a figura 6 acompanha o raciocínio:

1. Rolete inferior adquire carga por atrito com a correia: Após o motor ser ligado, o rolete inferior começa a rodar a correia. Por atrito, acumula-se carga na borracha. O sinal da carga depende das posições da borracha e do material do rolete inferior na série triboelétrica. Essa série é simplesmente uma lista de materiais ordenados segundo a carga relativa que adquirem quando atritados dois a dois.
2. Surge campo elétrico intenso entre rolete e escova, ionizando o ar: Como a correia é relativamente grande e está em movimento, a concentração de cargas é muito maior no rolete do que na correia. Por causa disso, o campo elétrico do rolete é muito maior do que o da correia no local onde eles se tocam. Há duas conseqüências importantes devido à grande carga negativa no rolete:
 - As cargas negativas (elétrons) do rolete repelem os elétrons próximos das pontas da escova inferior.
 - Os elétrons do rolete ionizam (retiram elétrons) as moléculas do ar, deixando a região entre o rolete e a escova com elétrons livres e átomos do ar positivamente carregados. Os elétrons do ar são repelidos pelos do rolete e são atraídos pelas cargas positivas da ponta da escova; os átomos positivos do ar são atraídos pelo rolete, que tem carga negativa.
3. Cargas elétricas são transportadas para cima pela correia: Quando os átomos positivos do ar vão em direção ao rolete, entram em contato com a correia, que está na frente. Isso deixa a correia com carga positiva, que é levada para cima, se afastando do rolete inferior.
4. Esfera fica carregada: A correia, carregada positivamente, atrai elétrons para a ponta da escova superior. Novamente, os átomos do ar são ionizados: os elétrons do ar se movem para a correia, e os átomos positivos são atraídos para a escova. Quando um objeto carregado toca o lado de dentro de um material condutor, este irá retirar toda a carga, deixando o objeto neutro. Esse excesso de carga vai para a superfície mais externa do condutor. Portanto, a esfera metálica fica positivamente carregada.
5. Repetição do ciclo. Nota-se que como há perda de cargas, há um limite para a carga da esfera graff.

Figura 6 – Funcionamento do gerador.



Fonte: (BELTRAMINI, 2022, p. 04).


2.3.3 Separadores Triboelétricos

Receber ou perder elétrons depende da substância de que é constituído o corpo. Esse fenômeno é chamado de triboelétrico e através de experimentos em laboratório são elaboradas séries triboelétricas (GOUVEIA, s.d.). Essa por sua vez é uma tabela com diferentes tipos de materiais, onde se pode prever a direção do fluxo de elétrons entre dois materiais diferentes em contato. A lista começa com os materiais mais propensos a perder elétrons e termina com os mais propensos a ganhar elétrons (SAAD et al., 2008). As partículas com menor tendência a adquirir elétrons apresentarão carga superficial resultante positiva e essa diferença de cargas permite que ocorra a separação (LUZ et al., 2018).

É importante salientar que, existem diferentes tipos de séries triboelétricas, já que algumas incluem mais materiais que as outras, e todos estes foram testados em laboratórios (GOUVEIA, s.d.). Logo abaixo é possível ver um exemplo de uma série triboelétrica.

Figura 7 – Série triboelétrica de 22 materiais

Pele humana
Couro
Pele de coelho
Vidro liso
Cabelo humano
Fibra sintética
Lã
Pele de gato
Seda
Alumínio
Papel ou papelão fino
Algodão
Madeira
Âmbar
Borracha dura
Poliéster
Isopor
Filme PVC
Poliuretano
Polipropileno
Silicone
Teflon



Fonte: [Gouveia \(s.d.\)](#).

[Luz et al. \(2018\)](#) afirma sobre os separadores triboelétricos:

Um separador triboelétrico simples consiste de pratos verticais ou tubos, entre os quais as partículas pré-carregadas superficialmente se deslocarão. Devido às cargas opostas das extremidades dos pratos ou tubos, as partículas serão atraídas ou defletidas da superfície carregada. Os separadores de tubo são mais utilizados devido à rotação do cilindro facilitar a limpeza dos mesmos; já os pratos podem acumular partículas que, com o tempo, passam a isolar a superfície do separador, levando-o à inatividade ([HEARN, 2014](#), apud [LUZ et al., 2018](#)).

2.4 Metodologia DMADV

A metodologia DMADV é ocasionalmente útil para desenvolvimento de produtos e processos existentes. Em geral, a metodologia DMADV é implementada para inventar e inovar um produto, serviço ou processo completamente novo, ou para inventar e inovar novos recursos importantes de produtos, serviços ou processos existentes. Ambas as abor-

dagens são essenciais para o bom funcionamento de uma organização (GITLOW, 2006, apud DESHPANDE, 2016).

Deshpande (2016), Pendokhare e Quazi (2015) dividem as fases em:

Definir: Pode-se identificar o propósito, definir metas mensuráveis tanto do ponto de vista da organização quanto dos stakeholders, desenvolver um cronograma e diretrizes para revisão, identificar e avaliar riscos.

Medir: Pode-se definir requisitos, identificar parâmetros críticos para o design, esquematizar o projeto, reavaliar riscos; avaliar a capacidade do processo de produção e a capacidade do produto.

Analisar: Nesta fase, teorias são geradas sobre o que pode estar causando o problema e, por meio de testes dessas teorias, as causas raiz são identificadas. Em alguns casos, é necessário redefinir o objetivo de desempenho. Pode-se desenvolver alternativas de design, avaliar, selecionar os melhores componentes e desenvolver o melhor design disponível.

Design: Pode-se desenvolver um design de alto nível, desenvolver especificações exatas, desenvolver designs detalhados de componentes, desenvolver processos relacionados, otimizar o design. Na etapa de Design, são mostrados os detalhes de engenharia da especificação do produto, os parâmetros críticos do processo são identificados.

Verificar: Pode-se validar se o design é aceitável, concluir o teste piloto, confirmar as expectativas, documentar as lições aprendidas. A etapa de Verificar envolve o cliente na realização de testes de produtos por meio de testes piloto que demonstram a viabilidade do produto. O plano de controle do produto está incorporado em seus procedimentos de montagem, procedimentos de teste e critérios de aceitação.

3 METODOLOGIA

Primeiramente foi feito um banco de dados para acúmulo de conhecimento das propriedades teóricas que envolvem o produto, para esse processo, utiliza-se uma revisão literária sobre o tema. Os mecanismos de pesquisa foram Google Acadêmico, PubMed, Scielo e Google.

A metodologia DMADV é uma abordagem sistemática para garantir que os processos de desenvolvimento de novos produtos ou serviços sejam conduzidos de forma eficiente e eficaz, resultando em produtos de alta qualidade que atendam às necessidades do cliente (DESHPANDE, 2016). A sigla DMADV significa Definir, Medir, Analisar, Projetar e Verificar (em inglês, *Define, Measure, Analyze, Design, Verify*).

O processo começa com a definição clara do propósito do projeto, seguido da criação de um cronograma. É definido também, o dispositivo principal do equipamento e seu possível funcionamento através de um fluxograma, além da identificação das peças necessárias para a construção, junto com o orçamento.

Em seguida, define-se critérios para o design e realiza-se uma medição de fatores relevantes para confirmar a viabilidade do projeto, sendo um deles a validação de funcionalidade.

Para isso, foi feita uma experiência utilizando o princípio básico de funcionamento do equipamento em um teste físico. Nesta etapa, analisa-se as teorias desenvolvidas anteriormente.

Depois, foi utilizado um software de modelagem 3D Solidworks™ para construção do design, assim como evidenciado os parâmetros críticos que foram definidos nas etapas anteriores. Logo, será feita uma verificação da análise, validando veracidade do projeto.

Por fim, há um espaço para reflexões a respeito do projeto, evidenciando se as metas estabelecidas foram atendidas, assim como mostrando possíveis informações revelantes para futuros projetos.

É necessário evidenciar que, a documentação do processo também é uma parte do projeto, e para isso foi utilizado o LaTeX™, que se mostra eficiente quanto aos seus templates e formatações.

4 Resultados

4.1 *Define*

4.1.1 Identificação de propósito do equipamento

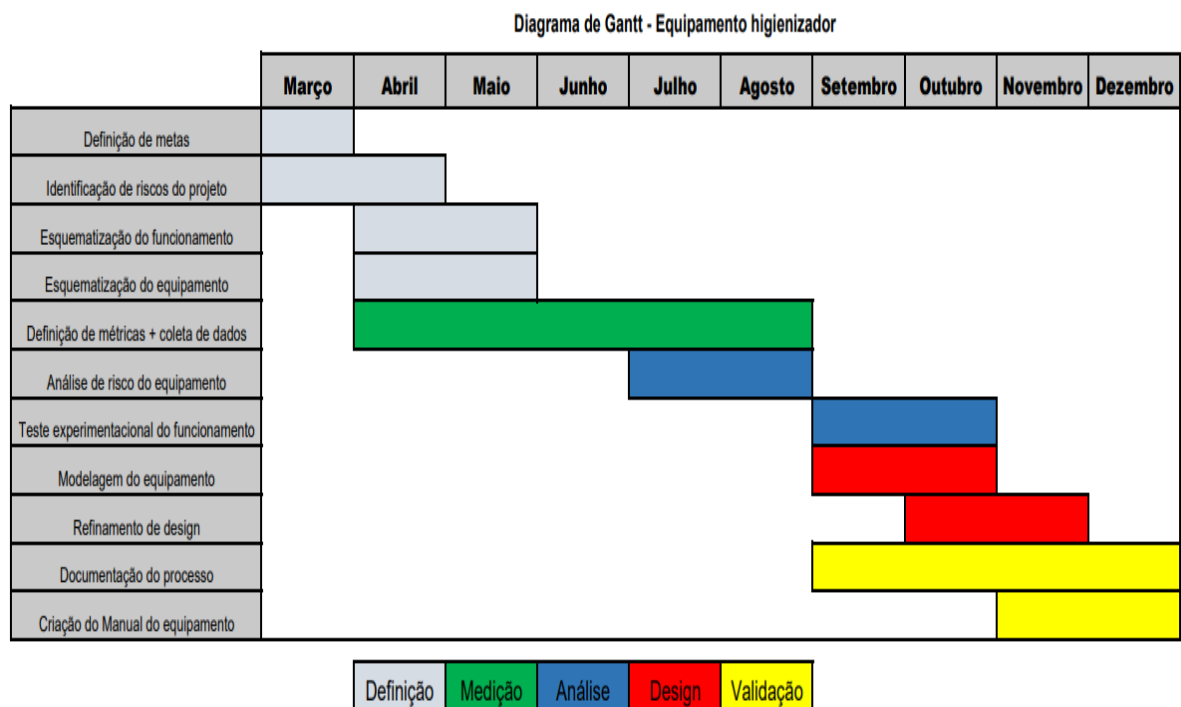
O propósito desse equipamento é contribuir para a sociedade com uma inovação tecnológica, que pode ser aprimorada futuramente. Acredita-se que existe um potencial para uma evolução do equipamento, mantendo ou não a sua função original, espera-se que a área da eletrostática traga novas soluções para problemas recorrentes.

4.1.2 Cronograma

Para definir metas, criou-se um cronograma baseado no método DMADV, optou-se pelo diagrama de Gantt já que sua aparência incentiva a atingir marcos e também possui fácil entendimento para documentação.

É necessário evidenciar que, se ocorrerem mudanças no projeto, o diagrama de Gantt pode ser facilmente atualizado para refletir essas alterações, garantindo que o plano permaneça preciso e relevante (JUNQUEIRA et al., 2015).

Figura 8 – Diagrama de Gantt do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.1.3 Definição de equipe

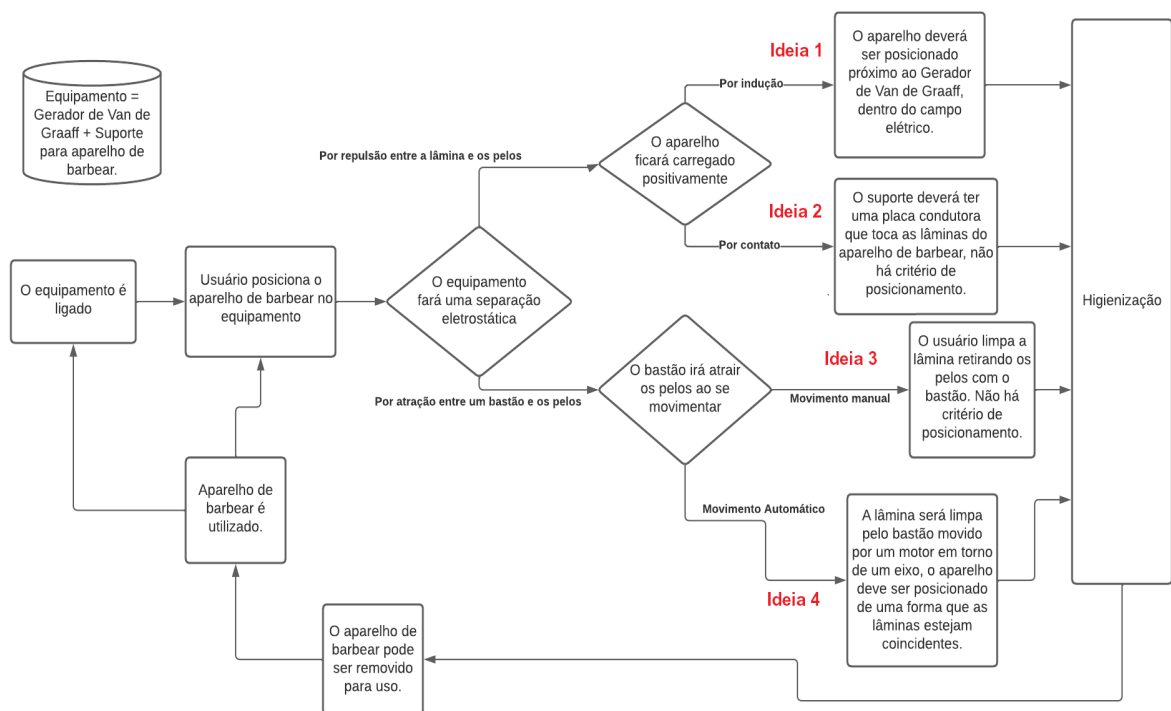
A equipe constitui-se apenas do autor, visto que o projeto acarreta na sua aprovação acadêmica. O tamanho da equipe é um fator importante que será levado em conta ao identificar limitações de projeto, é imprescindível que os processos sejam completados, então o escopo deverá ser realista.

4.1.4 Definição do funcionamento

O equipamento utiliza um mecanismo de indução elétrica baseado em uma versão simplificada do gerador de Van de Graaff. O objetivo é gerar uma força de repulsão entre os pelos e a lâmina do aparelho de barbear, ou uma força de atração entre os pelos e outro objeto que irá remover esses pelos de menor massa. Nesta etapa, ainda não se sabe a forma mais eficiente de funcionamento.

Dito isso, criou-se um modelo de funcionamento do equipamento, ao utilizar o mecanismo citado anteriormente, obtém-se quatro possíveis formas de funcionamento do produto, todas advindas do mesmo mecanismo. Após uma matriz de decisão (Tabela 2), podemos observar que a ideia 1 se mostra mais eficiente, sendo essa a escolhida para as próximas etapas. A partir disso, é possível saber quais peças serão utilizadas e estimar um valor de orçamento para um protótipo (Tabela 3).

Figura 9 – Fluxograma do suposto funcionamento do equipamento, conforme quatro possíveis procedimentos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Quadro 2 – Matriz de decisão entre os possíveis procedimentos.

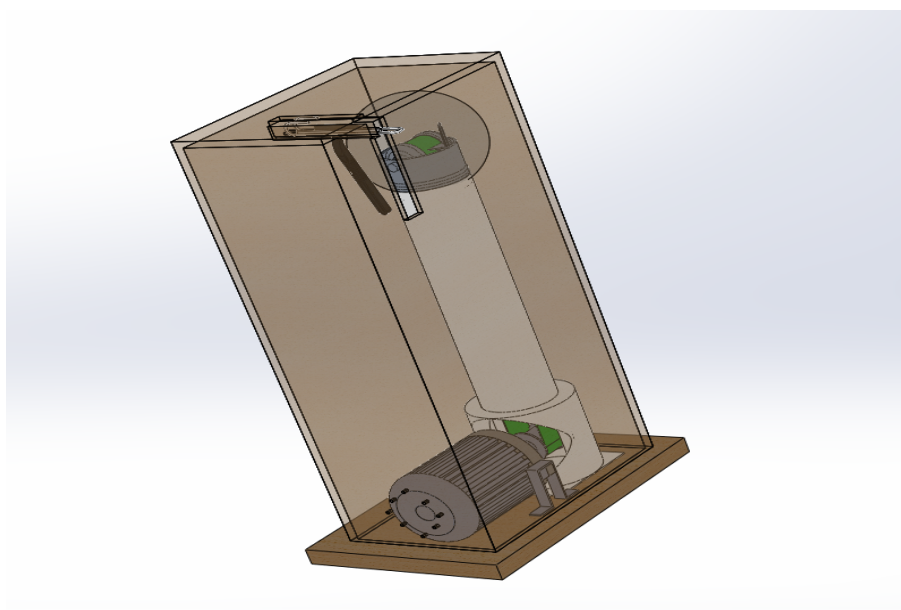
Matriz de decisão						
Ideias	Custo	Facilidade de uso	Segurança	Facilidade de produção	Confiabilidade	Total
Ideia 1	4	4	2	4	4	18
Ideia 2	3	4	2	3	4	16
Ideia 3	3	1	2	4	4	14
Ideia 4	1	4	2	2	3	12

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.1.5 Definição do equipamento

Para o este ciclo do DMADV, foi escolhido o primeiro possível procedimento. Sendo assim, criou-se um esboço 3D utilizando um software de modelagem 3D chamado SolidWorks™.

Figura 10 – Esboço do protótipo do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

É importante definir que, as outras formas de funcionamento poderão ser testadas, já que também se mostram eficazes e o que as difere são posicionamentos e pequenas variações. Portanto, também serão levados em conta nas próximas etapas.

Diante disso, define-se o equipamento como um aparelho higienizador de lâminas de barbear que funciona utilizando princípios de separação eletrostática.

Após isso, definiu-se um orçamento para o primeiro protótipo, que também poderá ser modificado futuramente após a análise de funcionabilidade.

Quadro 3 – Orçamento do protótipo inicial

ORÇAMENTO – EQUIPAMENTO HIGIÊNIZADOR DE LÂMINAS DE BARBEAR					
Engenheiro Responsável:		Thiago Andrade Souza			
ITEM	QNT.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	VENDEDOR	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
PARAFUSO SEXTAVADO ROSCA INTEIRA INOX 304 - M6-1,00 X 10 – 10 PEÇAS	01	Diâmetro-Fios X Comprimento: M6-1,00 X 10 Material: Aço Inoxidável - A2 Acabamento: Passivado Dimensões: DIN 933 (DIN EN ISO 4017) Rosca: MA - DIN 13 (ISO 965)	CCP Parafusos e Ferramentas	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Tubo Redondo Alumínio 3/8 X 1/16 (9,52mm X 1,58mm) X 30cm	01	Medidas: (((Diâm.e x E x Diâm.i))) Em milímetros: 9,52mm x 1,58mm x 6,35mm Comprimento: 300mm Liga: Alumínio 6063 - T5 Acabamento: Natural	MERCADO LIVRE	R\$ 7,99	R\$ 7,99
Placas de Eva Liso 40x47 Colorido Sortido (10)	01	Cor: COLORIDO. Material: E.V.A. Dimensões: 40cm x 47cm x 1,5mm (C x L x A). Atóxico	AMAZON	R\$ 10,50	R\$ 10,50
Fonte Estabilizada 12v 1a Tudo Forte	01	Fonte CA-CC Entrada de 100 ~ 240Vca (10%) Plug de saída P4 (5,5mm externo - 2,1mm interno) Tensão de Saída 12 Vcc	AMAZON	R\$ 8,31	R\$ 8,31
Tubo Cano Esgoto PVC 50mm 1 Metro	01	Os Tubos e Conexões da Série Normal são fabricados em PVC na cor branca, seguindo a determinação das normas brasileiras. A Linha Esgoto Série Normal é atestada e reconhecida pela qualidade, durabilidade e segurança.	SHOPEE	R\$ 12,30	R\$ 12,30
Mini Motor 12v Dc 4500 Rpm	01	Tensão nominal: 12V DC Operação: 12V ~ 25V DC Rotação sem carga: 4.500RPM Corrente sem carga: 50mA Rotação em máxima eficiência: 3.320RPM Corrente em máxima eficiência: 140mA Torque em máxima eficiência: 28gf.cm Potência em máxima eficiência: 0,6W Torque de partida: 108gf.cm Rendimento: 59,80% Peso: 48g	MERCADO LIVRE	R\$ 33,70	R\$ 33,70
PARAFUSO ALLEN SEM CABEÇA AÇO LIGA M5-0,80 X 10 - 20 PEÇAS	01	Ponta Côncava (Recartilhado) Diâmetro-Passo X Comprimento: M5- 0,80 X 10 Material: Aço Liga - Temperado e Revenido - 45H Acabamento: Oxidado e Oleado Dimensões: DIN 916 (DIN EN ISO 4029) Rosca: MA - DIN 13 (ISO 965)	CCP Parafusos e Ferramentas	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Espaguete Termo Retrátil Incolor Cristal Transparente Tubo 1 Unidade 12.0mm x 90mm	01	Espaguete Termo Retrátil Incolor Transparente Tubo 1 Unidade = Dimensão do Tubo (diâmetro) x Tamanho (comprimento) = 12.0mm x 90mm	SHOPEE	R\$ 1,00	R\$ 1,00
PLACA DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)	01	Dimensões (C x L x E): 600x200x10mm Norma ABNT NBR 15316-2:2019	Marcenaria Zé Pinguim	R\$ 30,00	R\$ 30,00
COLA INSTANTÂNEA - TEKBOND	01	Viscosidade (cP): 40 a 60 Temperatura de Trabalho (°C): -55 a 80 Preenchimento de Folgas (mm): Até 0,06 Resistência ao Cisalhamento (Aço x Aço): ≥ 100 Kg/cm²	AMAZON	R\$ 15,20	R\$ 15,20
HASTE DE MADEIRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)	02	Dimensões (C x L x E): 150x20x10mm Norma ABNT NBR 15316-2:2019	Marcenaria Zé Pinguim	R\$ 5,00	R\$ 10,00
HASTE DE MADEIRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF)	02	Dimensões (C x L x E): 50x10x10mm Norma ABNT NBR 15316-2:2019	Marcenaria Zé Pinguim	R\$ 2,50	R\$ 2,50
LATA DE ALUMÍNIO	02	Material: Alumínio 3104 H19 Dimensões: Diâmetro – 52mm Altura - 114mm	ASSAÍ ATACADISTA	R\$ 0,20	R\$ 0,40
INVESTIMENTO TOTAL					R\$ 142,40

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.1.6 Análise de risco do projeto e o risco de equívoco na "avaliação científica"

- **Risco Técnico:** O equipamento tem simples complexidade técnica, visto que se baseia em outro já existente, embora a complexidade pode mudar após o teste de funcionamento.
- **Risco de Segurança:** O equipamento inclui proteções onde existe um potencial para possível acidente, além disso, o manual conta com recomendações de segurança.
- **Risco de Prazo:** O projeto foi esboçado para lidar com atrasos. Além disso, a maioria das etapas depende apenas do autor, essa opção foi escolhida propositalmente para evitar contratemplos.
- **Risco de Saúde:** Entende-se que o equipamento será carregado e descarregado, podendo gerar alteração eletrostática no corpo humano ao voltar a entrar em contato com a pele. Segundo [Xu et al. \(2021\)](#), não há indícios em que um contato habitual a pequenas cargas podem trazer malefícios a pele humana, uma vez que a espessura da epiderme é inconsistente em todo o corpo (0,06-0,8 mm) e desempenha um papel importante como barreira ([XU et al., 2021](#)). Além disso, é evidente que a pele não estará carregada na escala de milhares de Volts.
- **Risco de Qualidade:** A qualidade do equipamento se mostra inferior à sua máxima eficiência, visto que há limites financeiros.
- **Risco de Custo:** Embora haja um custo para fabricação do equipamento, o projeto descrito neste documento não exigiu custos, uma vez que sua finalidade não é fabricar, e sim apresentar a sua conformidade para a etapa de fabricação.
- **Risco de Usabilidade:** O equipamento foi pensando para ser o mais *user friendly* (amigável para o usuário) possível, requerendo o mínimo de esforço do usuário.
- **Risco de Manutenção e Durabilidade:** Devido a sua simples complexidade técnica, é fácil localizar os pontos críticos dos esforços resultantes. Por isso, espera-se que falhas aconteçam no motor e nos parafusos, obviamente seguindo a vida útil esperada. A vida útil será descrita no manual do equipamento.
- **Risco de Conformidade Regulatória:** Além das indicações de seguranças que são necessárias no manual, atualmente não há necessidade de regulamentações ([NBR 5410, 2004](#)), visto que o equipamento não foi pensado para ser lançado no mercado e seguirá as normas do gerador de Van de Graaff para elaboração do projeto.
- **Risco Ambiental:** O autor entende a complexidade para avaliar os riscos ambientais do projeto, e por esse motivo, não consegue mensurar o impacto negativo na

produção do equipamento. Mas, é válido lembrar que o equipamento possui peças que são comumente utilizadas em utensílios do dia-a-dia e não há uso de agentes químicos ou radioativos. Por esse motivo, acredita-se que não há inconformidade com regulamentações ambientais já que a fabricação do equipamento se dá pela compra e montagem de peças.

4.2 *Measure*

Nessa seção, será definido os parâmetros críticos para o design e os preparativos para uma experiência como validação de funcionabilidade.

4.2.1 Parâmetros críticos para o design

1. **Facilidade de manutenção:** O equipamento terá fácil acesso aos componentes críticos.
2. **Segurança:** O equipamento contará com proteções que impedirão o usuário a ter contato com riscos.

O item 12.1.4 da [NR 12 \(1978\)](#) diz que esta NR não se aplica às máquinas e equipamentos classificados como eletrodomésticos.

Embora não haja uma classificação definitiva do equipamento pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) ([INMETRO, 2022](#)), o autor define o seu equipamento como um eletrodoméstico, visto que essa palavra pode ser definido pelo Dicionário Aurélio como aparelho elétrico de uso caseiro ([FERREIRA, 2010](#)).

3. **Usabilidade:** O equipamento deve ser intuitivo e prático.

Após isso, é possível identificar esses parâmetros em uma modelagem, melhorando a estrutura do projeto. Essa identificação será mostrada na seção 4.4.

4.2.2 Preparativos para validação de funcionabilidade

Primeiro, é evidente que houve um estudo que envolve além do que foi incluído na revisão de literatura (Capítulo 2). Por isso, acredita-se na alta possibilidade de funcionamento do equipamento.

Em contrapartida, é necessário validar essa ideia e para isso existem alguns métodos, dentre eles, os tipos escolhidos foram Validação por comparação e Validação por experimentação, já que estão mais próximos da realidade do autor.

4.2.3 Validação por comparação:

Foi encontrado um relatório da criação de um mini gerador de Van de Graaff feito por Beltramini (2022), os equipamentos mostraram-se próximos aos escolhidos no orçamento. Nesse relatório, o autor diz que a carga acumulada foi suficiente para atrair um fio de barbante. Essa força de atração mostra-se mais que suficiente para atrair pelos de massa menor que 1 miligrama, provando que a força do campo elétrico do equipamento é funcional para sua situação aplicada (BELTRAMINI, 2022).

Porém, o motor do relatório é muito inferior (3V) ao escolhido no equipamento (12V 4500 RPM), como visto na seção 2.3.2, a potência do motor influencia a taxa de transferência de carga, ou seja, a quantidade de carga gerada por unidade de tempo.

Sendo assim, seguindo as mesmas condições do relatório e com um motor mais potente, infere-se que a força do campo elétrico gerado pelo equipamento será maior, já que quanto maior a quantidade de carga acumulada e menor a distância entre a esfera e o ambiente externo, maior será o campo elétrico gerado. Isso se da lei de Coulomb, seguido pela equação:

$$E = k \cdot (Q/r^2) \quad (1)$$

Onde:

- E é o campo elétrico gerado pela carga (em N/C ou V/m)
- k é a constante eletrostática ($9 \cdot 10^9 Nm^2/C^2$)
- Q é a quantidade de carga acumulada (em coulombs, C)
- r é a distância entre a carga e o ponto onde se deseja calcular o campo (em metros, m)

Logo, espera-se uma eficiência melhor que a do modelo analisado.

4.2.4 Preparação para validação por experimentação:

Durante o desenvolvimento do projeto, localizou-se no laboratório de física do Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia - Campus Jequié (UESB), um gerador de Van de Graaff. Logo, é possível fazer um experimento simulando o funcionamento do equipamento.

Para isso, foram preparados alguns objetivos e parâmetros de experimentação, sendo elas:

Objetivos:

- Validar a higienização do equipamento, através de verificação visual.
- Identificar o método mais eficiente de funcionamento, de acordo com a quantidade de pelos removidos, em porcentagem.
- Identificar a condição de segurança da lâmina após eletrização, através de contato físico.

Dito isso, foram feitos testes prévios para certificação do equipamento, evidenciando que o gerador de Van de Graaff está em perfeitas condições de uso.

Figura 11 – Gerador de Van de Graaff EQ047C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.3 *Analyze*

Nessa seção, será relatado o experimento de validação, assim como o desenvolvimento do melhor design possível.

4.3.1 O experimento

No experimento, utilizou-se um gerador eletrostático de Van de Graaff de 400kV do modelo EQ047C (CIDEPE, 2023) composto pelos dados técnicos:

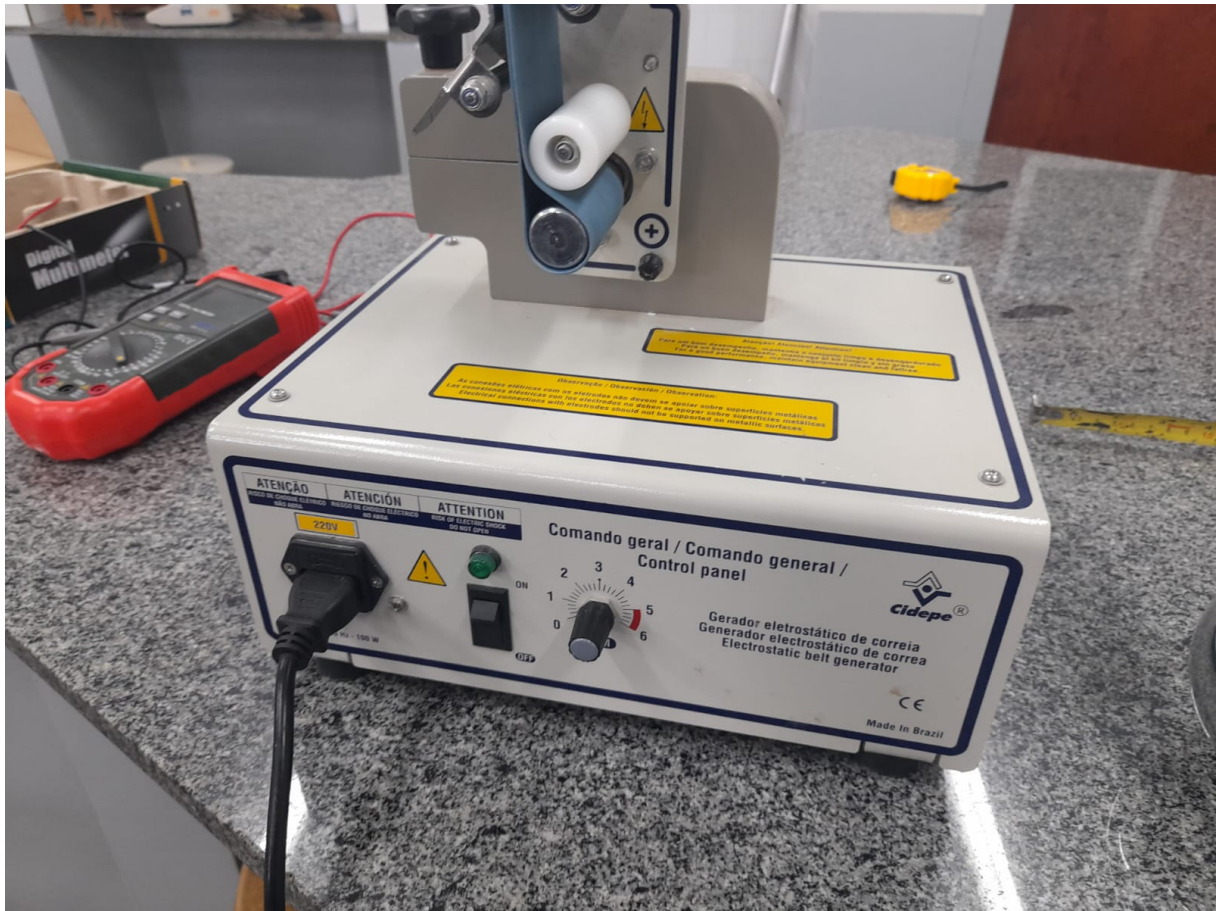
- Tensão: 400kV
- Dimensões do gerador de Van de Graaff: 300 x 250 x 730mm
- Esfera condutora: 250mm
- Esfera de descarga: 90mm
- Comprimento do bastão da esfera de descarga: 36mm
- Massa do gerador de Van de Graaff: 5,8kg

Materiais utilizados:

1. Aparelho de barbear genérico do modelo de cartucho
2. Cabo condutor de cobre - 1 metro de comprimento
3. Gerador de Van de Graaff EQ047C
4. Fita isolante

É importante destacar que é possível variar a potência do motor do equipamento, porém utilizou-se na potência máxima para obter o máximo de campo elétrico possível.

Figura 12 – Painel de comando do Gerador de Van de Graaff EQ047C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Primeiramente, acumulou-se uma pequena quantidade de pelos na lâmina, simulando seu estado após uso. Após isso, testou-se as possibilidades do funcionamento do equipamento, em ordem numérica crescente, de acordo com o fluxograma da Figura 9.

4.3.2 Ideia 01

Ao aproximar aparelho de barbear no gerador de Van de Graaff, percebeu-se uma atração dos pelos em direção ao gerador, porém nenhum pelo se soltou da lâmina, mesmo alterando a ângulação e a distância entre a lâmina e a esfera condutora. Considera-se que a força de atração gerada pelo campo elétrico da esfera condutora é incapaz de superar a pressão que a lâmina exerce sobre os pelos. Após Verificação visual, conclui-se que não houve higienização.

Figura 13 – Experimento da ideia de funcionamento 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.3.3 Ideia 02

A ideia 02 se baseia na polarização da lâmina através do contato entre a esfera e lâmina. Para isso, utilizou-se um fio condutor, como nas figuras abaixo.

Figura 14 – Experimento da ideia de funcionamento 02 - vista 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 15 – Experimento da ideia de funcionamento 02 - vista 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após ligar o gerador, notou-se que os pelos se repeliam e se direcionavam para fora da lâmina, porém a retirada dos pelos não se mostrou eficaz, mesmo alterando a angulação entre as lâminas e o chão, com a justificativa de aproveitar a força de gravidade. Considera-se que a força eletrostática de repulsão não foi capaz de superar a pressão que a lâmina exerce sobre os pelos. Após Verificação visual, conclui-se que não houve higienização.

4.3.4 Ideia 03

A terceira ideia se baseia na atração do bastão polarizado e os pelos.

Figura 16 – Bastão de esfera de descarga do Gerador de Van de Graaff EQ047C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após ligar o gerador, ao aproximar o aparelho de barbear do bastão, houve uma movimentação dos pelos, porém como anteriormente, não foi suficiente para que consigam se soltar da lâmina. Considera-se que a força de atração gerada pelo campo elétrico da esfera de descarga é incapaz de superar a pressão que a lâmina exerce sobre os pelos. Após Verificação visual, conclui-se que não houve higienização.

4.3.5 Ideia 04

A ideia 04 se baseia na mesma hipótese da ideia 03, se diferenciando por uma movimentação automática. Por este motivo, considera-se o mesmo resultado da ideia 03. Não houve higienização.

4.3.6 Ideia 05

Durante o experimento, verificou-se uma possibilidade de uma nova forma de funcionamento. Considerando que a esfera de descarga tem uma polaridade inversa a esfera condutora, houve um interesse em repetir o experimento da ideia 02, dessa vez com o fio condutor entre a lâmina e a esfera de descarga.

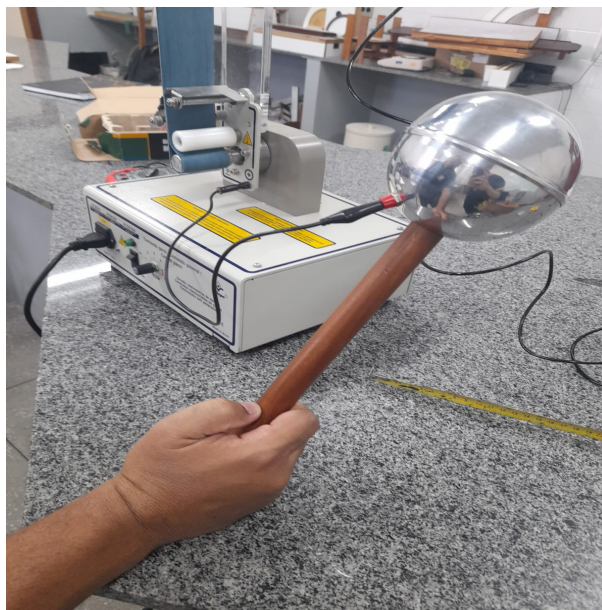
Porém, da mesma forma que os outros experimentos, a ideia se mostrou ineficaz na higienização de lâminas, visto que não houve remoção dos pelos. Considera-se que a força eletrostática de repulsão não foi capaz de superar a pressão que a lâmina exerce sobre os pelos. Após Verificação visual, conclui-se que não houve higienização.

Figura 17 – Experimento de uma nova ideia de funcionamento - Vista 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 18 – Experimento de uma nova ideia de funcionamento - Vista 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.3.7 Considerações do experimento

Em todas os experimentos, o autor testou a possibilidade de um auxílio na remoção utilizando uma força externa, com o intuito de simular uma vibração. Contudo, levando em conta que a ideia principal da higienização é por separação eletrostática, remoções dos pelos com ajuda de força externa interfere na validação do funcionamento, e por isso não foram considerados no resultado.

Após cada experimento, ao desligar o gerador, verificou-se a condição da lâmina e percebeu-se que ela rapidamente é neutralizada, não sendo possível receber uma descarga elétrica da lâmina.

Também é necessário evidenciar que como um gerador de Van de Graaff de $400kV$ em perfeitas condições não conseguiu gerar um campo elétrico com força eletrostática capaz de vencer a pressão das lâminas sobre os pelos, considera-se inválida a ideia de higienizar aparelhos de barbear utilizando separação eletrostática. Nenhuma das ideias se mostrou eficaz, e, por consequência, nenhuma se mostrou eficiente.

4.4 *Design*

Embora o equipamento tenha se mostrado inviável após o experimento, faz parte do trabalho proposto documentar os resultados obtidos. Dito isso, essa seção mostra o design previsto para o equipamento apresentado.

Neste capítulo foi desenvolvido o dimensionamento e o design dos componentes do

equipamento, de acordo com os parâmetros mostrados na subseção 4.2.1.

4.4.1 Dimensionamento

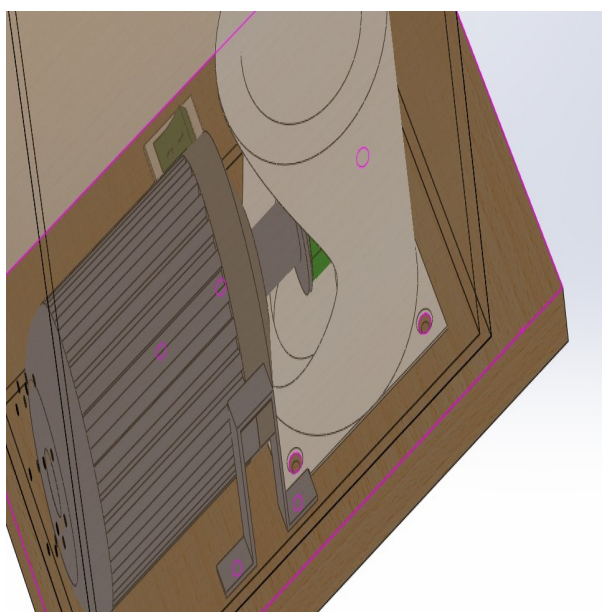
- Dimensões do equipamento: 500x200x400 mm.
- Massa estimada: 4kg.
- Materiais: Placa de fibra de média densidade (MDF), policloreto de vinila (PVC), acetato-vinilo de etileno (EVA), aço INOX 304, alumínio 6061.

É importante dizer que, por ser um protótipo, o autor escolheu materiais de baixo custo, embora consigam realizar suas funções atribuídas, como conduzir ou impedir a condução de eletricidade.

4.4.2 Facilidade de manutenção

O equipamento contaria com elementos de fixação compostos por parafusos, essa escolha levou em contra a praticidade na manutenção do equipamento, como é utilizado em muitos eletrodomésticos.

Figura 19 – Peças com encaixe para parafusos



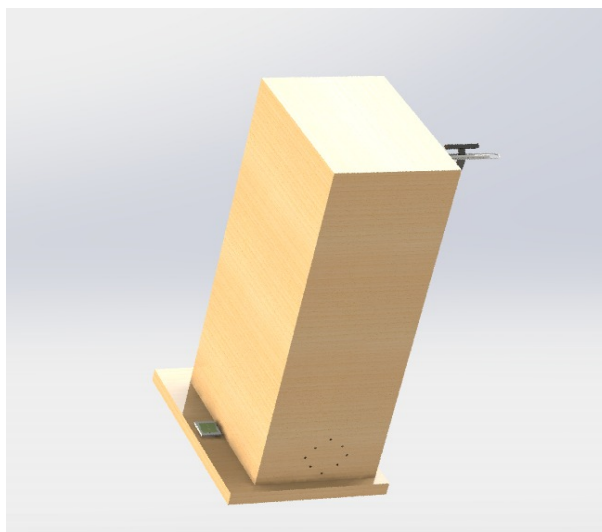
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Além disso, algumas peças tem o formato específico para serem encaixadas umas nas outras.

4.4.3 Segurança

O equipamento contaria com proteções para evitar acidentes, o usuário não teria contato com as áreas de risco já que o equipamento contaria com uma barreira que impede o contato físico, além de um revestimento interno que impede que o campo elétrico atue no exterior do equipamento e uma armação retrátil.

Figura 20 – Revestimento do equipamento para proteção do usuário



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 21 – Suporte para aparelho de barbear retrátil

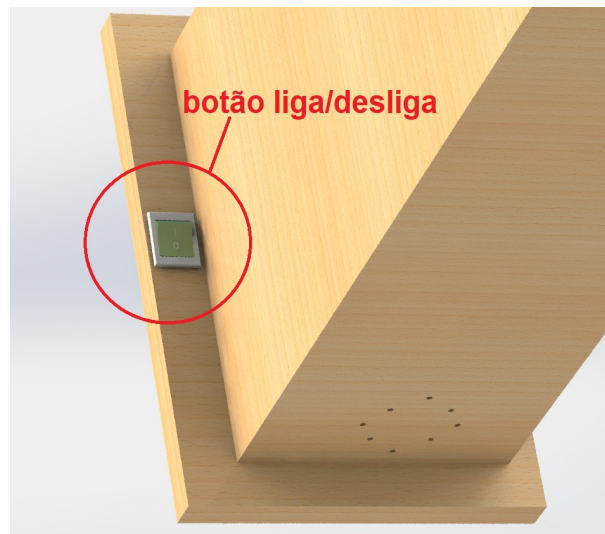


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.4.4 Usabilidade

O equipamento apresentaria baixa complexidade, visto que sua interação humana constaria de um botão de liga e desliga, um suporte retrátil para inserir o aparelho de barbear e uma rede removível para coleta de pelos retirados da lâmina.

Figura 22 – Botão de liga e desliga no equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Também seria incluído no equipamento um manual do usuário, contendo suas especificações técnicas e o desenho técnico, porém como o equipamento se mostrou inviável, essa etapa se encerra com apenas os detalhes de design sobre os parâmetros.

4.5 Verify

Por fim, como todas as possibilidades de funcionamento se mostraram inválidas, é necessário validar a análise e para isso utiliza-se leis da física.

Um pelo emperrado entre lâminas de barbear sofre uma força normal, que junto ao coeficiente de atrito cria uma força de atrito estático. Para o pelo começar a se mover é necessária uma força externa que seja superior a essa força de atrito definida por:

$$F_{atr} = \mu_s \cdot N \quad (2)$$

Onde:

- F_{atr} é a força de atrito estático (em Newtons, N).
- μ_s é o coeficiente de atrito estático (adimensional).
- N é a força normal (a força perpendicular à superfície) (em Newtons, N).

Considera-se que essa força normal atua sobre uma boa parte do pelo, já que a lâmina tem uma alta área de contato sobre eles. Portanto, existe uma pressão causada pela lâmina nos pelos, tal grandeza é definida por:

$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Onde:

- P é a pressão (em pascal, Pa).
- F é a força aplicada (em Newtons, N).
- A é a área de contato (em metros quadrados, m^2).

Por outro lado, existe uma força eletrostática exercida nos pelos que depende da intensidade do campo elétrico gerado, definida pela equação:

$$F = q \cdot E \quad (4)$$

Onde:

- F é a força elétrica, (em Newtons, N).
- q é a carga da partícula, (Coulombs, C).
- E é a intensidade do campo elétrico no ponto onde a partícula está localizada. (Newtons por Coulomb, N/C).

Essa força exerce uma pressão eletrostática nos pelos, que é definida por:

$$P = \frac{1}{2} \epsilon_0 \cdot E^2 \quad (5)$$

Onde:

- P é a pressão eletrostática, (em pascal, Pa).
- ϵ_0 é a permissividade do vácuo (aproximadamente, $8.85 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$).
- E é a intensidade do campo elétrico no ponto onde a partícula está localizada. (Newtons por Coulomb, N/C).

Essa pressão aumenta conforme posicionamos o aparelho o mais próximo possível do campo elétrico, isso se prova pela equação 6, visto que quanto menor for o valor de r , maior será a intensidade do campo elétrico.

$$E = \frac{k \cdot q}{r^2} \quad (6)$$

Onde:

- E é a intensidade do campo elétrico no ponto onde a partícula está localizada. (Newtons por Coulomb, N/C).
- q é a carga elétrica (em Coulomb, C).
- k é a constante eletrostática no vácuo (aproximadamente, $8.99 \times 10^9 N \cdot m^2/C^2$).
- r é a distância entre a carga e o ponto onde a intensidade do campo elétrico é medida (em metros, m).

O experimento mostrou que, mesmo utilizando um gerador de Van de Graaff de $400kV$ e alterando a distância e a angulação do aparelho sob o gerador, não foi possível remover os pelos. Tal fato conclui que mesmo na melhor hipótese, não é possível remover pelos de uma lâmina de barbear por separação eletrostática nas condições apresentadas. Isso inviabiliza a construção do equipamento, já que o mesmo se mostra ineficaz.

Portanto, encerra-se o projeto, visto que se provou ser ineficiente.

4.6 Recomendações para trabalhos futuros

Percebe-se que pelas limitações financeiras do autor, existem possíveis orientações. Dessa forma, o autor faz algumas recomendações para futuros projetos:

- Encontrar, através de testes, uma forma de vencer a pressão das lâminas sobre os pelos, de modo que não danifique o aparelho de barbear.
- Encontrar alguma outra forma de separar eletrostaticamente pelos de uma lâmina de barbear, utilizando outro equipamento para criar campo elétrico e polarizar os materiais.
- Aprimorar, através de testes, a eficiência no combate de germes em lâminas de barbear, adicionado ao equipamento a capacidade de emitir luz ultravioleta.
- Definir o menor tamanho de um equipamento que consiga manter a sua eficácia, independente da sua eficiência.

Da mesma maneira, o autor incentiva a possibilidade do uso da separação eletrostática para outros fins, uma vez que entende-se que existe um potencial de inovação com a aplicação desse tema. Espera-se que no futuro, exista alguma aplicabilidade além do setor industrial para separações eletrostáticas.

5 Considerações finais

Em suma, a pesquisa demonstrou a relevância do problema relacionado à acumulação de pelos nas lâminas de barbear e propôs uma solução baseada na separação eletrostática. Embora a abordagem seja promissora, foram necessários experimentos para avançar na sua maturidade tecnológica.

O projeto apresentou uma proposta inovadora para a higienização de aparelhos de barbear por meio da separação eletrostática. A ideia foi mostrar uma forma de resolução do problema que poderia ser aprimorada futuramente por qualquer pessoa. Dessa forma, é notório mostrar que os métodos de funcionamento do produto se mostraram ineficazes para tal finalidade, para que outras pessoas tenham essa informação.

A forma de funcionamento do equipamento foi definida após o estudo do tema, embora existam outras formas não listadas de polarizar um objeto e criar um campo eletrostático, o autor acredita que essa seja a forma de funcionamento mais próxima de um eletrodoméstico.

Houve um experimento para validação de hipótese, evidenciando que a hipótese se mostrou incorreta. Além disso, as equações mostradas comprovam que o autor tentou as melhores situações em que fosse possível remover pelos de uma lâmina de barbear, e mesmo assim, não houve êxito. Tal fato aponta que o objetivo foi cumprido e a hipótese conclui-se inválida.

Ademais, o autor espera que o projeto sirva de inspiração para inovações nessa área e indica recomendações para futuros projetos. Visto que o autor possui limitações monetárias, é possível que alguém encontre alguma forma de aprimorar o projeto, o autor destaca a importância de não danificar o aparelho de barbear e de conseguir uma eficácia em um equipamento de higienização de lâminas de barbear, além de sugerir a utilização de luz ultravioleta para combate de germes.

É interessante evidenciar também que a revisão de literatura teve uma grande importância na execução da metodologia, pois o projeto estava embasado de uma forma que o autor estivesse preparando uma construção de um equipamento. Embora houvesse limitações no estudo do tema específico voltado para lâminas de barbear, o autor conseguiu unir os assuntos através de uma ideia de aplicação de um fenômeno físico.

Considerando a complexidade de desenvolver um equipamento inovador, foi de extrema importância ter o apoio do laboratório das instituições Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Jequié e Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Jequié, além do auxílio dos especialistas na área. Particularmente, foi um desafio endereçar o conhecimento adquirido no curso para uma área de

pesquisa científica devido a preocupação em fazer um trabalho de conclusão de curso bem fundamentado.

Levando em conta a versão final do projeto, é possível identificar um grande potencial para o avanço do conhecimento na área estudada. Mesmo que todos os objetivos tenham sido alcançados, é importante destacar as metodologias utilizadas, a captação de dados, as hipóteses levantadas e a relevância do tema abordado para a comunidade científica, devido a existência de poucas pesquisas brasileiras com esse tema. Portanto, o estudo pode contribuir significativamente para o avanço do conhecimento na área, fornecendo informações valiosas para futuras pesquisas e aplicações práticas.

Referências

- ALVES, D. d.; DEMOSTHENES, L. C. da C.; ELZUBAIR, A.; JR, S. de S. C.; WEBER, R. P. Caracterização tribológica e térmica em cabelo humano. **74º Congresso Anual da ABM**, p. 8, 2019.
- BELTRAMINI, G. C. **CONSTRUÇÃO DE UM MINI-GERADOR DE VAN DE GRAAFF**. 2022. CAMPINAS, 12 DE JUNHO DE 2007, https://www.ifi.unicamp.br/lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2007/GuilhermeC-Landers_F609_RF2.pdf.
- BRAUN, L. A. et al. Utilização de dois aparelhos de barbear descartáveis: uma análise entre o design e a usabilidade. 2022. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/45973/pdf>>.
- CIDEPE. **Gerador Eletrostático De Van De Graaf - 400 Kv - EQ047C**. 2023. Disponível em: <https://www.casalab.com.br/produtos/104/8441_>. Acesso em: 12 de outubro de 2023.
- UNITED STATES PATENT. Alan Crook, Oliver D. Oglesby e Brian Oldroyd. **SAFETY RAZORS AND GUARDS**. 1998. US-5,191,712, 09/03/1998.
- DESHPANDE, S. **Introducing Design for Six Sigma oducing Design for Six Sigma’s DMADV Methodology to the Packaging Industry**. Dissertação (Mestrado) — Rochester Institute of Technology, 2016.
- FERRAZ, A. S. Percepção de desconforto dos usuários no uso de aparelhos de barbear descartáveis. p. 88, 2019.
- FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurelio Da Lingua Portuguesa**. Curitiba - PN: ISBN 978-8538541981, 2010.
- GILLETTE. Conheça a história da marca gillette. <<https://www.gillette.com>>, 2023. Disponível em: <<https://www.gillette.com.br/pt-br/sobre-a-gillette>>.
- GOUVEIA, R. Processos de eletrização. s.d. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/processos-de-eletrizacao/>>.
- INMETRO. **PORTARIA Nº 148, DE 28 DE MARÇO DE 2022**. [S.l.], 2022. 90 p.
- JUNQUEIRA, M. N.; SALOMAO, S.; QUEIROZ, G. A.; IANNONI, J. R. Utilização da ferramenta gráfico de gantt no processo produtivo de uma empresa de equipamentos médicos de franca-sp. **ENEGEP**, ENEGEP, Fortaleza - CE, p. 15, 2015.
- LIMITED, P. . S. I. P. U.s. razor market size and share analysis by type, segment, distribution channel, blade type, consumer - forecast to 2030. p. 85, 2022.
- LUZ, A. B. da et al. **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: CETEM, 2018. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2180/1/Tratamento%20de%20Min%C3%A9rios%206a%20edi%C3%A7%C3%A3o%20%28CAP.8%29.pdf>>.

MAURER, M.; RIETZLER, M.; BURGHARDT, R.; SIEBENHAAR, F. The male beard hair and facial skin - challenges for shaving. **Society of Cosmetic Scientists and the Société Française de Cosmétologie**, 2016.

MELLO, V. L. **Instrumentação para o Ensino de Física III**. São Cristóvão, SE, Brasil: CESAD, 2011.

NBR 5410. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro - RJ, 2004. 209 p.

NR 12. **NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. Rio de Janeiro - RJ, 1978. 165 p.

UNITED STATES PATENT. Young Ho Park, Su Hwan Kim e Byung Sun Ahn. **UNITARY RAZOR BLADE AND SHAVING RAZOR CARTRIDGE, USNG SAME**. 2011. US 2011/0232100 A1, 09/09/2011.

PELIZER, G. M. Qual é a espessura de um fio de cabelo? 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4323203/mod_resource/content/0/Qual%20%C3%A1%20a%20espessura%20de%20um%20fio%20de%20cabelo.pdf>.

PENDOKHARE, D. G.; QUAZI, T. A review of dmadv: Methodology, customer satisfaction and research area. **International Journal of Scientific Engineering Research**, 2015.

PHILIPS. Philips apresenta conclusões do estudo sobre os “hábitos de cuidado pessoal masculino”. 2016. Disponível em: <https://www.philips.pt/a-w/about/news/archive/standard/news/press/2016/20160801_Philips_male_personal_care_habits.html>.

REIS, N. d. **Diminuição do peso do cabelo: causas e tratamentos**. 2022. Doppio Hair Health, <https://clinicadoppio.com.br/diminuicao-do-peso-do-cabelo-causas-e-tratamentos/>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

SAAD, P. D. F. D. et al. Explorando fenômenos da eletricidade. Instituto de Física - USP, p. 46, 2008.

SANTOS, A. C. S. dos. **Eletricidade e Magnetismo I**. [S.l.]: UAB/UECE, 2015.

SILVA, B. Gillette revela o modelo de lançamentos de produtos que a faz deter 80% de market share. 2022. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/gillette-revela-o-modelo-de-lancamentos-de-produtos-que-a-faz-deter-80-de-market-share/>>.

WAITS, R. K. **A safety Razor Compendium - The Book**. Boston: ISBN 978-1-312-29353-3, 2014.

XU, X.; ZHANG, H.; YAN, Y.; WANG, J.; GUO, L. Effects of electrical stimulation on skin surface. **The Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics and Springer-Verlag GmbH Germany**, p. 37, 2021.