

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC ITAQUERA II
Ensino Médio integrado ao Técnico em Edificações

Bernardo Gomes De Souza Cardoso
Gustavo Emmanuel Ferreira Fidelis
Nícolas Correia De Souza Silva
Pedro Dos Santos Cardoso
Pedro Henrique Araujo Lopes

**SISTEMA MODULAR DE TOMADAS MÓVEIS: projeto técnico de
implementação de tomadas móveis no âmbito residencial e
corporativo**

São Paulo
2025

Bernardo Gomes De Souza Cardoso

Gustavo Emmanuel Ferreira Fidelis

Nícolas Correia De Souza Silva

Pedro Dos Santos Cardoso

Pedro Henrique Araujo Lopes

**SISTEMA MODULAR DE TOMADAS MÓVEIS: projeto técnico de
implementação de tomadas móveis no âmbito residencial e
corporativo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Edificações da Etec Itaquera II, orientado pela Prof.^a Larissa Dias Costa, como requisito para obtenção do título de técnico em Edificações.

São Paulo

2025

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Jurandir Evangelista, pela atenção e ajuda nas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento elétrico do projeto.

À Prof.^a Larissa Dias, que foi nossa orientadora pedagógica, que nos ajudou na decisão do tema e nos auxiliou no desenvolvimento do projeto, incluindo monografia, protótipo e pesquisas.

Ao Prof. Douglas Pietro pela colaboração e disposição na impressão do protótipo final por intermédio da Fatec Itaquera.

À Etec Itaquera II, pela oportunidade da realização do curso e desenvolvimento intelectual durante os três anos de estudo com excelentes professores.

EPÍGRAFE

*“O desenvolvimento da energia sem fio
abrirá novos horizontes para a
humanidade”*

Nikola Tesla

RESUMO

A Tomada Móvel é um conjunto de dispositivos que quando conectados à rede elétrica criam um sistema de tomadas encaixáveis e configuráveis, onde sua disposição pode ser organizada à critério do consumidor, sem necessidade de alterações em instalações elétricas fixas. Seu objetivo é facilitar a adaptação de ambientes e ser uma boa opção estética do espaço. Sendo um equipamento que necessita integralmente de eletricidade, a segurança contra acidentes é um fator essencial nesse projeto e é algo que não será ignorado. A ideia para este projeto surgiu durante uma discussão em grupo, na qual estávamos pensando sobre o quão comum são tomadas em lugares de difícil acesso e como poderíamos resolver esse problema. Com essa ideia desenvolvemos a tomada móvel, composta por dois dispositivos. O primeiro é um conjunto de fios que serão instalados na superfície desejada, feito com materiais apropriados e com um formato específico que permita o encaixe adequado da tomada. O segundo já é a própria tomada, que em formato de placa 2x1, será feita de plástico resistente que contará com um sistema de encaixe para diferentes tipos de revestimentos e uma bateria interna, que funcionará tanto como um Power Bank (permitindo o carregamento de dispositivos sem estar conectada à rede elétrica) quanto como uma medida de segurança contra quedas de energia.

Palavras-Chave: adaptação; segurança; estética; eletricidade.

ABSTRACT

The Mobile Outlet is a set of devices that, when connected to the electrical network, create a system of pluggable and configurable outlets, where their layout can be organized at the consumer's discretion, without the need for changes to fixed electrical installations. Its purpose is to facilitate the adaptation of environments and be an aesthetically pleasing option for the space. As it is a device that requires electricity to function, safety against accidents is an essential factor in this project and something that will not be ignored. The idea for this project came up during a group discussion, in which we were thinking about how common outlets are in hard-to-reach places and how we could solve this problem. With this idea, we developed the mobile outlet, consisting of two devices. The first is a set of wires that will be installed on the desired surface, made with appropriate materials and with a specific shape that allows the outlet to fit properly. The second is the outlet itself, which is shaped like a 2x1 plate and will be made of resistant plastic with a fitting system for different types of coatings and an internal battery, which will function both as a power bank (allowing devices to be charged without being connected to the mains) and as a safety measure against power outages.

Keywords: adaptation; safety; aesthetics; electricity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Disposição da fase/neutro/terra de uma tomada	13
Figura 2 – Representação Smart Grids	18
Figura 3 – 17 ODS's	24
Figura 4 – Impressora 3D	26
Figura 5 – Filamentos	28
Figura 6 – Conector twist-on	31
Figura 7 – Conector WAGO	31
Figura 8 – Conector Split Bolts	32
Figura 9 - Conector Termo-retrátil	32
Figura 10 - Conector WAGO reto c/ medidas	33
Figura 11 - Conector WAGO reto	33
Figura 12 – Modelagem 3D realizada no Blender	36
Figura 13 – Modelagem 3D desenvolvida no Autodesk Inventor	36
Figura 14 – Modelo 3D no Software Ultimaker Cura	37
Figura 15 – Representação conceitual do protótipo desenvolvida no Blender	37

Figura 16 – Modelo autoral nº 1 desenvolvido no Inventor em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura	38
Figura 17 – Modelo autoral nº 2 desenvolvido no Blender	39
Figura 18 – Modelo autoral nº 2 em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura	39
Figura 19 – Modelo autoral nº 2 em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura	39
Figura 20 – Modelo autoral nº 3 desenvolvido no Inventor – 1ª Peça	40
Figura 21 – Modelo autoral nº 3 desenvolvido no Inventor – 2ª Peça	40
Figura 22 – Modelo autoral nº 3 em preparo para impressão no Ultimaker Cura	41
Figura 23 – Modelo autoral nº4 desenvolvido no Inventor – 1ª Peça	42
Figura 24 – Modelo autoral nº 4 desenvolvido no Inventor – 2ª Peça	42
Figura 25 – Modelo Autoral nº5 desenvolvido no TinkerCAD/Blender	43
Figura 26 – Modelo autoral nº 5 desenvolvido no TinkerCAD/Blender.....	43
Figura 27 – Modelo autoral nº5 representação em vistas - 1ª Peça	45
Figura 28 – Modelo autoral nº 5 representação em vistas - 2ª Peça	45
Figura 29 – Modelo autoral nº 2 impresso em PLA.....	46
Figura 30 – Tentativa falha de impressão do modelo autoral nº 3	47
Figura 31 – Filamento não aderido à placa da impressora.....	48
Figura 32 – Modelo autoral nº 4 impresso em PLA.....	48

Figura 33 – Processo de impressão do modelo autoral nº5 - Final.....	49
Figura 34 – Representação do circuito elétrico das placas	50
Figura 35 – Medidor de tensão (multímetro).....	51
Figura 36 – Protótipo Conceitual Finalizado	52
Figura 37 – Gráfico de distribuição de custos.....	55
Figura 38 – Fita Dupla Face 3M.....	57
Figura 39 – QR Code para os vídeos de teste e modelos 3D	69

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 FUNDAMENTOS	11
1.1 O QUE É ELETRICIDADE	11
1.2 COMO FUNCIONA UMA TOMADA	12
1.3 SEGURANÇA ELÉTRICA: RISCOS E CUIDADOS NECESSÁRIOS	13
2 CONTEXTO MODERNO	16
2.1 O CONTEXTO ATUAL DA ELETRICIDADE	16
2.2 VISÃO SOBRE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	16
2.3 PERSPECTIVA SOBRE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES (SMART GRIDS)	17
2.4 ANÁLISE DA MOBILIDADE ELÉTRICA E INFRAESTRUTURA	18
2.5 VISÃO SOBRE ELETRIFICAÇÃO INDUSTRIAL E INDÚSTRIA 4.0	18
2.6 APONTAMENTOS SOBRE DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS	19
2.7 VISÃO SOBRE MOBILIDADE E PRATICIDADE NOS AMBIENTES ATUAIS	19
3 JUSTIFICATIVA TÉCNICA	20
3.1 DISPOSITIVOS MÓVEIS E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	20
3.1.1 Baterias recarregáveis: Funcionamento e Importância dos Materiais	20
3.1.2 Power Bank e Mini No-break: Tipos, Funcionamento e Usos	20
3.1.3 Diferenças Essenciais entre Power Bank e Mini No-break	21
3.1.4 Armazenamento de Energia Renovável para Uso Doméstico	21
3.2 TECNOLOGIAS SEMELHANTES EXISTENTES	22
3.2.1 Invenção e aprimoramento	22
3.2.2 Primeiras Soluções para Mobilidade de Conexões Elétricas	22
3.3 SUSTENTABILIDADE E USO EFICIENTE DA ENERGIA ALINHADA A ODS 7	23
4 COMPONENTES FUNDAMENTAIS	26
4.1 IMPRESSORA 3D:	26
4.2 FILAMENTOS:	28
4.3 CONECTORES DE EMENDA	30
4.3.1 Tipos de Conectores de Emenda	31
4.3.2 Normatização e Segurança	32
4.3.3 Conector de Emenda Selecionado – WAGO 221	33
5 DESENVOLVIMENTO	35
5.1 DESENHO DO PROJETO	36
5.1.1 Ferramentas e softwares empregados na modelagem e desenvolvimento do protótipo	36

5.1.2	Início da criação de modelos.....	37
5.2	DETALHAMENTO TÉCNICO DO MODELO.....	44
5.3	PROCESSO DE IMPRESSÃO.....	45
5.4	TESTES E VALIDAÇÕES DO PROTÓTIPO	49
5.4.1	Funcionamento do protótipo.....	49
5.4.2	Funcionamento do circuito	50
5.4.3	Testes.....	51
5.5	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES E MELHORIAS.....	53
5.5.1	Custos de Produção e Viabilidade Econômica	54
5.6	APRESENTAÇÃO VISUAL DO TCC	56
5.6.1	Melhoramento Estético do Projeto	56
5.6.2	Opções de Praticidade no Modelo	56
5.7	RELAÇÃO COM TEORIA.....	57
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – MATERIAIS COMPLEMENTARES.....	69

INTRODUÇÃO

Desde o século XX, o avanço tecnológico transformou profundamente a sociedade, influenciando a forma como as pessoas se comunicam, trabalham e vivem. A era digital intensificou essa mudança com o surgimento de dispositivos eletrônicos sofisticados, tornando o cotidiano cada vez mais dependente da eletricidade. Embora essa evolução tenha trazido conforto e agilidade, também revelou desafios, como a limitação da infraestrutura elétrica atual, muitas vezes inflexível diante das novas demandas.

Apesar dos inúmeros avanços, muitas residências e escritórios ainda enfrentam dificuldades com a disposição das tomadas, o uso excessivo de extensões, a falta de pontos de energia em locais estratégicos e a dependência total da rede elétrica. A modernização dos espaços exige soluções que acompanhem essa nova realidade, onde a mobilidade, a segurança e a praticidade se tornaram requisitos essenciais.

A partir desse contexto surge a proposta deste trabalho: a criação da **Tomada Móvel**, um sistema novo que visa resolver problemas antigos de acessibilidade elétrica, ao mesmo tempo em que acompanha o ritmo da vida moderna, oferecendo segurança, autonomia e versatilidade ao usuário.

1 FUNDAMENTOS

1.1 O QUE É ELETRICIDADE

A eletricidade é um fenômeno físico resultante do movimento ou da presença de cargas elétricas — partículas elementares como prótons (carga positiva) e elétrons (carga negativa). Esse fenômeno pode se manifestar em movimento (corrente elétrica) ou em repouso (eletricidade estática). Desde a Antiguidade, já se observavam efeitos elétricos, como quando, por volta de 600 a.C., o filósofo grego Tales de Mileto percebeu que o âmbar, ao ser friccionado contra pele de animal, atraía pequenos objetos (TIPLER; MOSCA, 2009). Contudo, apenas entre os séculos XVII e XIX a eletricidade começou a ser estudada sistematicamente, com contribuições de cientistas como William Gilbert (1600, cunhou o termo “eletricidade”), Benjamin Franklin (1752, experiência com a pipa e raios), Alessandro Volta (1800, invenção da pilha elétrica) e Michael Faraday (1831, descoberta da indução eletromagnética) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Com a Revolução Industrial e o trabalho de inventores como Thomas Edison (1879, lâmpada incandescente) e Nikola Tesla (1888, sistema de corrente alternada), a eletricidade passou de curiosidade científica a elemento indispensável na vida cotidiana. Atualmente, compreender seus conceitos fundamentais é essencial para garantir um uso seguro, eficiente e conforme as normas técnicas, como a NBR 5410 (ABNT, 2004), que regulamenta instalações elétricas de baixa tensão no Brasil. Existem duas formas principais de eletricidade:

1. Eletricidade estática: caracterizada pela ausência de fluxo de elétrons, resultando no acúmulo de cargas elétricas em um material ou corpo. É o que acontece, por exemplo, ao pentear o cabelo num dia seco e ver fios se repelindo. Esse fenômeno é explicado pelo desequilíbrio entre prótons e elétrons e, embora geralmente inofensivo, pode gerar descargas capazes de danificar componentes eletrônicos sensíveis (NUSSENZVEIG, 2018).
2. Eletricidade dinâmica: ocorre quando há movimento contínuo de elétrons através de um condutor, originando a corrente elétrica, responsável pelo funcionamento de aparelhos, máquinas e sistemas de iluminação e aquecimento (CARDOSO, 2015).

Principais grandezas e conceitos fundamentais:

- Carga elétrica (Coulomb - C): corresponde à quantidade de eletricidade presente em um corpo. Um coulomb equivale a aproximadamente $6,24 \times 10^{18}$ elétrons. O estudo da carga elétrica é a base da Lei de Coulomb, formulada por Charles-Augustin de Coulomb em 1785 (TIPLER; MOSCA, 2009).
- Campo elétrico (N/C ou V/m): região do espaço ao redor de uma carga elétrica onde outras cargas estão sujeitas a forças elétricas. O conceito foi formalizado no século XIX por Michael Faraday e é fundamental para entender fenômenos como a atração e repulsão elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).
- Potencial elétrico (Volt - V): representa a energia elétrica disponível para mover cargas de um ponto a outro. Um volt equivale a 1 joule por coulomb. Alessandro Volta deu nome à unidade por seu trabalho pioneiro (NUSSENZVEIG, 2018).
- Corrente elétrica (Ampère - A): fluxo ordenado de elétrons através de um condutor. Um ampère corresponde ao movimento de 1 coulomb de carga por segundo. A unidade homenageia André-Marie Ampère, que descreveu as leis fundamentais do eletromagnetismo em 1820 (CARDOSO, 2015).
- Resistência elétrica (Ohm - Ω): oposição que um material oferece à passagem da corrente elétrica. Georg Simon Ohm, em 1827, formulou a Lei de Ohm, que relaciona tensão, corrente e resistência () (TIPLER; MOSCA, 2009).
- Potência elétrica (Watt - W): quantidade de energia elétrica consumida ou fornecida por unidade de tempo. Um watt equivale a 1 joule por segundo, sendo a unidade nomeada em homenagem a James Watt, inventor e engenheiro escocês que aprimorou a máquina a vapor (KOSOW, 2002).

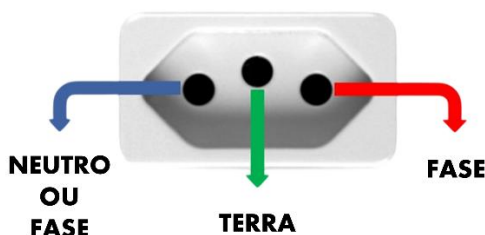
1.2 COMO FUNCIONA UMA TOMADA

A tomada elétrica é definida como um ponto de conexão específico que fornece energia elétrica para alimentar aparelhos e equipamentos. Seu funcionamento ocorre por meio da inserção do plugue, o que permite a passagem da corrente elétrica necessária para o uso adequado dos dispositivos conectados. No Brasil, o padrão atual de tomadas foi estabelecido pela norma NBR 14136, em vigor desde 1º de julho de 2011, e que determina que os plugues e tomadas sejam do tipo “2P+T” (dois polos ativos + terra) — ou seja, três pinos obrigatórios.

De acordo com esse padrão, cada pino possui função distinta:

- Fase: conduz a energia elétrica ativa, ou seja, o fio que traz tensão em relação à referência (terra ou neutro). Em situações normais de 127 V ou 220 V residenciais, a fase é aquele condutor que muda de potencial e pode oferecer risco de choque se for tocado.
- Neutro: serve como retorno da corrente elétrica ao ponto de alimentação (ou à concessionária), ou referência de potencial próximo de zero; normalmente associado ao fio “comum”. Em instalações monofásicas, há “fase + neutro + terra”. No caso de instalação 220 V bifásica, pode haver “fase + fase + terra” dependendo da rede.
- Terra: condutor de proteção que não conduz corrente em regime normal, mas que atua em falhas (como fuga de corrente, isolamento comprometido, etc.) para levar o risco à terra, protegendo o usuário e o equipamento. A adoção obrigatória desse pino elevou a segurança das instalações residenciais e comerciais.

Figura 1 – Disposição da fase/neutro/terra de uma tomada



Fonte: Adaptado de Mundo da Elétrica. Acesso em: out. 2025.

Disponível em: <https://sl1nk.com/xcNhE>

Quanto à disposição física na tomada padrão brasileira: a entrada do terra fica geralmente na parte superior, a entrada à esquerda é o neutro e o da direita é o fase, para o padrão monofásico comum. Já para instalações bifásicas, o segundo fase ficará aonde seria o neutro, ou seja, da entrada à esquerda da tomada.

1.3 SEGURANÇA ELÉTRICA: RISCOS E CUIDADOS NECESSÁRIOS

Desde a Segunda Revolução Industrial, a eletricidade tornou-se essencial para

a sociedade moderna, como aludido anteriormente. Com esse crescimento, aumentaram também os riscos de acidentes elétricos, como choques, curtos-circuitos e incêndios. Por isso, tornou-se indispensável a criação e aplicação de normas técnicas e regulamentadoras para garantir segurança e eficiência na utilização da energia elétrica. No Brasil, destacam-se três normas principais:

1. NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e constantemente atualizada, essa norma estabelece requisitos para o projeto, execução e manutenção de instalações elétricas de baixa tensão (até 1000 V em corrente alternada). Ela define critérios como:
 - Divisão em circuitos independentes, para evitar que a sobrecarga em um equipamento afete todo o sistema;
 - Aterramento elétrico, fundamental para direcionar correntes de fuga e proteger usuários contra choques;
 - Proteção contra sobrecorrente, geralmente por meio de disjuntores e fusíveis (ABNT, 2004).
 - Essa norma é a base para qualquer instalação segura em residências, comércios e indústrias de pequeno porte.
2. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: Criada pelo Ministério do Trabalho e com obrigatoriedade legal, essa norma regulamentadora estabelece requisitos e condições mínimas de segurança para profissionais que atuam direta ou indiretamente com eletricidade. Ela exige que os trabalhadores:
 - Possuam treinamento específico com carga horária mínima definida;
 - Utilizem Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados;
 - Sigam procedimentos de bloqueio e sinalização antes de iniciar intervenções (BRASIL, 2004).
 - O objetivo é reduzir riscos de acidentes e preservar a integridade física dos profissionais, prevenindo choques, queimaduras e outros danos.
3. NBR 14136 – Plugues e Tomadas para Uso Doméstico e Análogo: Instituída pela ABNT, essa norma define o padrão brasileiro de plugues e tomadas (com

pinos redondos e possibilidade de três pinos). Seu diferencial é a inclusão do pino terra, que permite a ligação direta ao sistema de aterramento da instalação, aumentando a proteção contra choques elétricos. Esse padrão começou a ser implementado no Brasil a partir de 2001 e tornou-se obrigatório para novos produtos em 2011 (ABNT, 2002).

A aplicação dessas normas não é apenas uma exigência legal ou técnica: trata-se de um compromisso com a segurança de usuários, trabalhadores e patrimônios. O não cumprimento pode resultar em acidentes graves, perdas materiais e responsabilidade civil ou criminal para os envolvidos.

2 CONTEXTO MODERNO

2.1 O CONTEXTO ATUAL DA ELETRICIDADE

A eletricidade é o “combustível invisível” que sustenta praticamente tudo o que se usa no dia a dia: luz, geladeira, celular, internet, elevador, hospital e metrô. O texto parte da ideia de que ela é o alicerce da sociedade moderna e acrescenta que governos, empresas e consumidores correm atrás de três metas ao mesmo tempo: gastar menos (eficiência), ter fornecimento confiável (segurança energética) e poluir menos (redução de emissões). Para isso, é possível ver que o mundo está acelerando a descarbonização, isto é, trocando gradualmente combustíveis fósseis por fontes renováveis, redes mais inteligentes e formas de guardar energia em grande escala. Essa virada tornou-se prioridade porque permite manter conforto e produtividade sem empurrar o problema para o clima.

Ao abordar as fontes renováveis, são definidas como “energia que vem de fenômenos naturais que se renovam o tempo todo”. A luz do sol, por exemplo, é capturada por painéis solares e convertida em eletricidade sem peças barulhentas ou fumaça. O vento gira pás de uma turbina eólica, e isso move um gerador que produz energia. A água, nas hidrelétricas, passa por turbinas e também gera eletricidade. Considera-se que todas essas rotas reduzem a dependência da queima de combustível e, por consequência, diminuem o gás carbônico (CO₂) na atmosfera.

2.2 VISÃO SOBRE GERAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Um ponto que devemos abordar é a geração distribuída, que ocorre quando a energia deixa de vir só de grandes usinas e passa também a ser produzida “na ponta”, perto de quem consome. Um exemplo que pode ser dado é com uma casa com painéis solares no telhado: em um dia de sol, ela produz parte da própria eletricidade. Esse tipo de instalação, e também pequenas turbinas eólicas em áreas urbanas, são utilizadas para aproveitar ventos locais. Esse arranjo diminui perdas em longas linhas de transmissão e dá mais autonomia às pessoas e aos prédios.

Contudo, o sol se põe e o vento varia. Por isso, o conceito de armazenamento estacionário, que é o “cofre” onde a energia é guardada para quando for necessária. As baterias de íon-lítio são as mais conhecidas: carregam relativamente rápido, armazenam bastante energia em pouco peso e já equipam desde celulares até carros

e casas. Também são destacadas as baterias de fluxo redox, que guardam energia em tanques com líquidos especiais; elas são ótimas para grandes sistemas porque duram muitos ciclos de carga e descarga. Menciona-se ainda tecnologias emergentes, como sódio (matéria-prima abundante e potencialmente mais barata) e grafeno (apontado como caminho para cargas muito rápidas). Em linguagem simples, entende-se que cada tecnologia tem um “jeito” e um “ponto forte”, e o mundo está combinando essas opções para garantir energia estável, mesmo com a variação natural do sol e do vento.

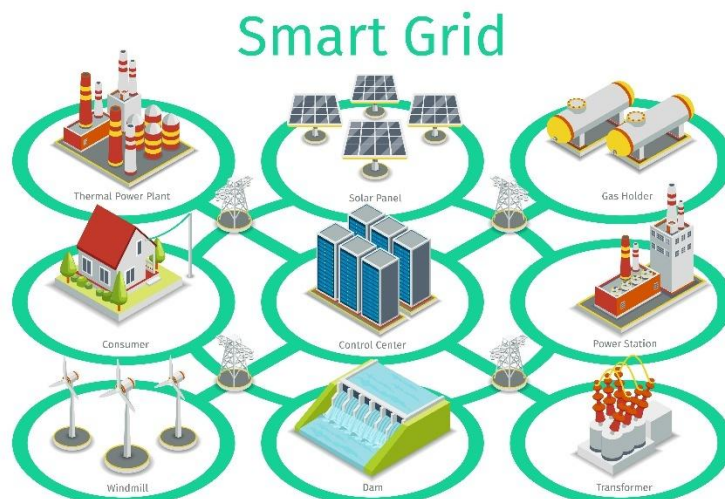
Para ajudar na comparação, vamos apresentar referências de desempenho típicas. Em termos de “densidade de energia” (quanta energia cabe por quilo) e “ciclos de vida” (quantas vezes dá para carregar e descarregar antes de perder desempenho), aponta-se que o íon-lítio avançado está na faixa de 200–300 Wh/kg com 3.000–5.000 ciclos, enquanto as de fluxo redox têm vida útil acima de 10.000 ciclos. Já as de sódio ficam em torno de 100–150 Wh/kg com 2.000–4.000 ciclos. Nessa análise, o lítio guarda bastante energia por peso e tem boa durabilidade; o fluxo redox é um “cavalo de carga” para muitas recargas; e o sódio, embora guarde um pouco menos, pode ser mais barato e suficiente para várias aplicações.

2.3 PERSPECTIVA SOBRE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES (SMART GRIDS)

Segundo uma análise, a rede antiga era de “mão única”: a usina mandava, a casa recebia. As smart grids tornam tudo bidirecional e inteligente. Sensores espalhados medem tensão e fluxo quase em tempo real; softwares e inteligência artificial interpretam o que está acontecendo e tomam decisões rápidas. Se um bairro consome demais, a rede pode “pedir”, via gestão dinâmica da demanda, que certos equipamentos reduzam a carga por alguns minutos. Se um trecho da rede falha, os mesmos sensores ajudam a isolar o problema e religar rotas alternativas.

Ressalta-se também que os veículos elétricos podem virar “baterias com rodas”: conectados à tomada certa, eles devolvem energia à rede quando parados — é o conceito de V2G (Vehicle-to-Grid). E, para planejar e prevenir falhas, são apresentados os digital twins (gêmeos digitais), modelos virtuais da rede que permitem simular cenários e adiantar a manutenção. Tudo isso, melhora a confiabilidade e aproveita melhor a energia renovável.

Figura 2 – Representação Smart Grids



Fonte: FreePik. Acesso em: out. 2025.

Disponível em: <https://sl1nk.com/i0C7O>

2.4 ANÁLISE DA MOBILIDADE ELÉTRICA E INFRAESTRUTURA

Observa-se que o transporte está virando a chave para a eletricidade. É possível observar um crescimento exponencial de veículos elétricos em várias faixas de preço, mostra a expansão da rede de carregamento rápido (DC fast-charge) e aponta novas baterias (como estado sólido e grafeno) como o caminho para recargas ultrarrápidas. Em termos práticos, entende-se que isso significa menos gasto com combustível, menos barulho nas cidades e ar mais limpo. A infraestrutura acompanha: mais pontos de recarga em vias, estacionamentos e estabelecimentos. Tudo isso, conforme a análise, está empurrando a demanda de energia para um novo patamar e exige redes inteligentes e armazenamento para equilibrar oferta e consumo.

2.5 VISÃO SOBRE ELETRIFICAÇÃO INDUSTRIAL E INDÚSTRIA 4.0

Na indústria, acredita-se que eletrificar processos é como trocar “fornos a carvão” por “fornos elétricos”, um exemplo citado para o setor siderúrgico. Além de cortar emissões, os equipamentos elétricos costumam ter controle mais preciso e se integram bem com a automação. Também podem ser mencionados os eletrolisadores, aparelhos que usam eletricidade para separar hidrogênio da água, gerando um combustível limpo. Em paralelo, a chamada Indústria 4.0 usa robótica e sensores conectados (IoT) para otimizar tudo. Se somada a isso a energia renovável, o resultado é um parque fabril mais competitivo, com menos desperdício e emissão.

2.6 APONTAMENTOS SOBRE DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A segurança cibernética é listada como uma prioridade: quanto mais digital é a rede, mais precisa estar protegida. Outro ponto é a intermitência das renováveis: como o sol e o vento variam, o sistema precisa de flexibilidade. Há também a questão do equilíbrio entre descentralização e centralização. E, claro, inclui-se a reciclagem de baterias e a economia circular. Assim, convidamos a olhar para o futuro: fusão nuclear (projetos como o ITER), supercondutores em temperatura ambiente e a ideia de uma Internet da Energia. São trilhas de pesquisa que podem mudar o jogo.

2.7 VISÃO SOBRE MOBILIDADE E PRATICIDADE NOS AMBIENTES ATUAIS

Por fim, a análise se amplia para a rotina. Nas cidades, a micromobilidade elétrica resolve o trecho curto da viagem. Destaca-se que existem estações inteligentes mapeadas em tempo real e aplicativos sob demanda.

Em estacionamentos, as vagas viraram hubs de recarga. Alguns carregadores são bidirecionais (V2G) e muitos sistemas já integram painéis solares do próprio prédio. São apresentados exemplos de tempos de carregamento típicos: patinetes levam de 2 a 4 horas, bicicletas elétricas de 3 a 6 horas, e um veículo elétrico leve em AC 22 kW pode recarregar em 1 a 2 horas.

Dentro de casa, a automação residencial deixa tudo mais prático. A ideia é que comandos e respostas aconteçam de forma quase instantânea. É um conjunto de automatismos que, somados, reduz o gasto e facilita a vida.

Na logística, são citados drones e robôs de entrega capazes de mapear rotas, além de veículos autônomos em trajetos fixos. A imagem proposta é como se parte do “vai-e-vem” de produtos passasse a ser feito por assistentes elétricos incansáveis, diminuindo tempo e esforço humano.

3 JUSTIFICATIVA TÉCNICA

3.1 DISPOSITIVOS MÓVEIS E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

3.1.1 Baterias recarregáveis: Funcionamento e Importância dos Materiais

As baterias recarregáveis, também chamadas de acumuladores, operam com base em reações eletroquímicas de oxidação e redução (redox). Quando estão sendo usadas (fase de descarga), o ânodo sofre oxidação e libera elétrons, que viajam pelo circuito externo até o cátodo, onde ocorre redução — e os íons correspondentes se movimentam através do eletrólito para manter o equilíbrio elétrico interno. Esse processo gera energia elétrica útil para alimentar dispositivos.

Ao serem recarregadas, o processo se inverte: uma fonte externa faz os elétrons retornarem ao ânodo, regenerando os materiais ativos originais. A estrutura básica de uma célula inclui o ânodo, o cátodo e o eletrólito — que pode ser líquido, em gel ou sólido, além de componentes de segurança como separadores e circuitos de proteção.

A composição química das baterias recarregáveis varia — há tipos como chumbo-ácido, níquel-cádmio, níquel-metal-hidreto, íon-lítio e polímero de íon-lítio (LiPo). Mas todas compartilham o mesmo princípio eletroquímico.

No caso das baterias de íon-lítio (Li-ion), amplamente usadas em celulares e eletrônicos portáteis, o ânodo é feito de grafite intercalado com lítio e o cátodo geralmente é um composto de óxido de cobalto de lítio (LiCoO_2). Durante a descarga, o lítio é oxidado no ânodo (liberando elétrons e íons Li^+), enquanto o cobalto é reduzido no cátodo ao receber elétrons e íons. O processo é reversível na recarga. Essas baterias são conhecidas por sua alta densidade energética, ausência de efeito memória e baixa autodescarga.

3.1.2 Power Bank e Mini No-break: Tipos, Funcionamento e Usos

Um power bank é basicamente uma bateria recarregável (em geral Li-ion ou LiPo) acompanhada de circuitos elétricos que regulam a tensão e protegem contra sobrecarga, descarga excessiva ou curto-circuito. Esse dispositivo é projetado para recarregar outros aparelhos por meio de portas USB. Existem casos curiosos em que um usuário conectou um power bank a si mesmo, o que aparentou carregar a bateria — mas isso se tratou apenas de uma falha no indicador interno, não de energia real produzida.

Alguns power banks chegam a ter uma porta USB-A sem carcaça metálica externa — somente o conector — e essa interface pode ser só para entrada de energia, não para saída de carga.

Já o mini no-break (mini UPS) combina uma bateria — que pode ser de chumbo-ácido ou íon-lítio — com um circuito inversor. Seu objetivo é fornecer energia de emergência por um breve período quando falta luz, sendo dimensionado com base em volts-ampere (VA). É ideal para manter funcionando equipamentos vitais, como modems e roteadores, enquanto se calcula autonomia com base no consumo do equipamento e na capacidade da bateria.

3.1.3 Diferenças Essenciais entre Power Bank e Mini No-break

Apesar de ambos utilizarem baterias internas, os dois dispositivos têm funções distintas:

- Power Bank: sua aplicação principal é carregar dispositivos via USB, fornecendo energia em corrente contínua, com circuito de controle USB e proteção integrada.
- Mini No-break: fornece suporte de energia em caso de queda pela rede elétrica, atuando por meio de um inversor e sendo avaliado em VA; seu objetivo é manter equipamentos conectados por um tempo (apesar de curto), permitindo desligamentos seguros.

3.1.4 Armazenamento de Energia Renovável para Uso Doméstico

Em sistemas que utilizam fontes de energia renovável — como painéis solares fotovoltaicos ou turbinas eólicas — é comum integrar baterias para armazenar energia e garantir continuação do fornecimento quando a geração não ocorre (à noite, com nuvens, etc.). Um sistema residencial pode ser on-grid (conectado à rede elétrica) ou off-grid (autônomo). Em sistemas híbridos, utiliza-se inversores que permitem tanto o consumo direto da energia gerada quanto o armazenamento e até a injeção do excedente na rede.

No sistema híbrido ou off-grid com bateria, a energia solar é convertida via inversor e armazenada, podendo abastecer a casa ou ser injetada na rede (no caso de on-grid com sistema de compensação). O off-grid funciona de forma autônoma, usando bateria para mantimento do fornecimento.

3.2 TECNOLOGIAS SEMELHANTES EXISTENTES

No que se refere ao presente projeto e suas utilidades, buscou-se desenvolver uma forma de tornar a conexão com a rede elétrica (tomada) algo realocável, possibilitando, por exemplo, sua transferência de uma parede a outra dentro de um mesmo ambiente. Nesse contexto, a fim de verificar a originalidade da proposta, foram pesquisadas invenções ou projetos existentes que apresentassem funcionalidades semelhantes.

3.2.1 Invenção e aprimoramento

Com a crescente demanda por eletricidade ao longo do século XIX, esse recurso passou a integrar progressivamente o cotidiano da sociedade. No final desse período, o britânico Thomas Tayler Smith (1834–1909) desenvolveu o primeiro protótipo funcional de tomada elétrica, com o objetivo de conectar cabos a um circuito principal de forma segura. Sua invenção foi patenteada em 1882, no Reino Unido, sob o nome "Electric-Circuit Connection".

A partir desse marco inicial, surgiram diversas melhorias. Em 1895, o engenheiro Gustav Binswanger registrou no Reino Unido um design com contato concêntrico (plugue coaxial), sob a patente GB189516898, contribuindo para a diversificação dos sistemas de conexão elétrica. Posteriormente, em 1904, o norte-americano Harvey Hubbell II patenteou o "Separable Attachment Plug" (patente US 774,250), considerado o primeiro plugue destacável, que permitia conectar e desconectar aparelhos da rede elétrica sem a necessidade de intervenção direta nos fios.

Esses e outros avanços foram analisados no estudo acadêmico de Fred E. H. Schroeder, intitulado "More 'Small Things Forgotten': Domestic Electrical Plugs and Receptacles, 1881–1931" (1986), que discute a evolução histórica dos plugues e receptáculos no ambiente doméstico.

3.2.2 Primeiras Soluções para Mobilidade de Conexões Elétricas

Com o surgimento das primeiras versões da tomada moderna e os avanços iniciais na instalação de sistemas elétricos no ambiente doméstico — tema analisado por Schroeder (1986), no contexto dos séculos XIX e XX —, também começaram a surgir as primeiras ideias relacionadas à criação de dispositivos de extensão elétrica.

Nesse cenário, Thomas Edison desenvolveu, em 1892, o primeiro cabo elétrico

voltado para uso residencial, utilizando materiais como algodão e porcelana para garantir maior segurança no isolamento. No entanto, esse cabo apresentava elevada rigidez, dificultando sua aplicação em deslocamentos curtos.

Diante dessa limitação, o inventor estadunidense S.W. Atherton criou e patenteou, em 1904, um modelo flexível de cabo de extensão (extension cord), cuja proposta era permitir maior alcance para alimentar equipamentos elétricos em diferentes pontos do ambiente doméstico. O sucesso da solução levou, nas décadas seguintes — especialmente na década de 1920 —, à padronização e disseminação do uso desses dispositivos, em razão de sua produção em larga escala e ampla adoção pela sociedade.

Ainda na década de 1920, mais precisamente em 1929, o norte-americano Carl M. Peterson patenteou o dispositivo conhecido como table tap, considerado a primeira versão de uma extensão com múltiplas saídas. Contudo, o modelo mais próximo das extensões modernas foi popularizado apenas em 1972, quando o australiano Peter Talbot introduziu o chamado power board, um modelo sem patente, mas que alcançou ampla aceitação no mercado e permanece em uso até os dias atuais.

Paralelamente a essa evolução, surgiram sistemas mais robustos de distribuição elétrica, como o sistema de busbar elétrico modular, também conhecido como busway. Esse sistema teve início na década de 1980, impulsionado pela busca por soluções mais flexíveis e seguras de distribuição de energia elétrica. Um dos principais marcos desse desenvolvimento foi a atuação da empresa Starline Track Busway, que introduziu trilhos de alumínio com barras condutoras de cobre internas, possibilitando a instalação de módulos de tomada ao longo de toda a extensão do trilho. Além de garantir mobilidade e praticidade, esses sistemas são capazes de suportar elevadas cargas elétricas.

Na Europa, soluções semelhantes foram implementadas e padronizadas por meio de normas técnicas, como a BS EN 61534, voltada à segurança e à confiabilidade desses sistemas, tanto em contextos industriais quanto residenciais.

3.3 SUSTENTABILIDADE E USO EFICIENTE DA ENERGIA ALINHADA A ODS 7

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram criados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, em Nova York, como parte

integrante do documento intitulado "Agenda 2030". Nesse documento estão definidas as ODS, que têm, como o próprio nome indica, o propósito de garantir o desenvolvimento sustentável dos países signatários desse acordo internacional, respeitando diversos fatores ambientais, com o intuito de controlar os níveis de poluição e assegurar condições saudáveis de vida até o ano de 2030.

Figura 3 – 17 ODS's



Fonte: GTSC Agenda 2030. Acesso em: out. 2025.

Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>

A Agenda 2030 contempla 17 objetivos. Entre eles, destaca-se a ODS de número 7, que trata de "energia acessível e limpa". Esse objetivo visa, no aspecto social, assegurar o acesso universal à energia de forma confiável, moderna e economicamente acessível, abrangendo todas as classes sociais, inclusive as mais vulneráveis.

No que diz respeito ao aspecto ambiental, a ODS 7 propõe aumentar significativamente a participação de fontes renováveis na matriz energética global, dobrar a eficiência energética mundial, fortalecer a cooperação internacional para o avanço de pesquisas e o desenvolvimento de tecnologias energéticas limpas, duráveis e modernas, além de promover infraestruturas mais resilientes e auxiliar países em desenvolvimento — especialmente os de pequeno porte e sem acesso ao mar — a alcançarem sua própria segurança energética.

Dessa forma, o presente projeto busca contribuir diretamente com os princípios da ODS 7, por meio da proposta de um protótipo voltado à otimização do uso da

energia elétrica no ambiente doméstico. A ideia central consiste em aprimorar a eficiência energética a partir da reorganização e mobilidade de pontos de conexão elétrica, respeitando as normas técnicas vigentes aplicáveis a instalações elétricas. Com isso, pretende-se reduzir desperdícios, facilitar o acesso à energia e promover soluções mais modernas e sustentáveis, em consonância com os objetivos de tornar a energia mais acessível, segura e eficiente para todos.

4 COMPONENTES FUNDAMENTAIS

4.1 IMPRESSORA 3D:

Uma impressora 3D é uma máquina revolucionária que materializa objetos físicos a partir de um modelo digital, operando através de um processo conhecido como manufatura aditiva. Diferentemente dos métodos de fabricação tradicionais, que são subtrativos e envolvem a remoção de material de um bloco maior para criar uma forma, a impressão 3D constrói o objeto do zero, adicionando material camada por camada. Essa abordagem permite a criação de formas geométricas extremamente complexas com alta precisão, otimizando o uso de materiais e minimizando o desperdício.

Figura 4 – Impressora 3D



Fonte: RepRap3D. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nq.com/e6JPY>

O processo tem início no ambiente digital, com a criação de um modelo tridimensional em um software de modelagem 3D, também conhecido como CAD. Uma vez finalizado, este arquivo digital é processado por um software "fatiador", que o divide em centenas ou até milhares de finas camadas horizontais. O fatiador gera um código com as instruções detalhadas de cada camada, que é então enviado para a impressora 3D dar início à construção física do objeto.

Existem diversas tecnologias de impressão 3D, cada uma utilizando diferentes materiais e métodos de construção. Entre as mais comuns e difundidas, tanto para uso doméstico quanto profissional, destacam-se a Modelagem por Deposição Fundida

(FDM), a Estereolitografia (SLA) e a Sinterização Seletiva a Laser (SLS).

A Modelagem por Deposição Fundida (FDM) é a tecnologia mais popular e acessível do mercado, funcionando de maneira semelhante a uma pistola de cola quente controlada por um robô. Ela utiliza um filamento de material termoplástico, como PLA, ABS ou PETG, que é fornecido em um carretel. Esse filamento é puxado por um motor e aquecido em um bico extrusor até atingir seu ponto de fusão. O bico, então, movimenta-se precisamente nos eixos X, Y e Z, depositando o plástico derretido sobre uma plataforma de construção, onde ele se solidifica rapidamente ao entrar em contato com a camada anterior. A plataforma se move para baixo (ou o extrusor para cima) a cada nova camada finalizada, e o processo é repetido sucessivamente até que o objeto esteja completo. A simplicidade, o baixo custo e a vasta gama de materiais e cores fazem da FDM a porta de entrada para muitos no mundo da impressão 3D.

Já a Estereolitografia (SLA) é uma tecnologia conhecida por produzir peças com uma resolução excepcional e um acabamento de superfície incrivelmente liso, sendo a escolha ideal para protótipos detalhados, modelos odontológicos e joalheria. Neste método, o material utilizado é uma resina líquida fotossensível, ou fotopolímero, armazenada em um tanque. Um feixe de laser ultravioleta (UV) é direcionado com extrema precisão para a superfície da resina, solidificando-a seletivamente de acordo com o desenho da camada. A plataforma de construção, que está imersa na resina, move-se gradualmente para cima (ou para baixo, em modelos invertidos) após a cura de cada camada, permitindo que uma nova camada fina de resina líquida flua por baixo para ser solidificada. Ao final do processo, o objeto é retirado do tanque e submetido a uma cura final com luz UV para alcançar sua máxima resistência mecânica.

Por fim, a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) representa uma tecnologia mais robusta, amplamente utilizada na indústria para a produção de peças funcionais, duráveis e em pequenas séries. O material de partida é um pó fino, geralmente de polímeros como o nylon. A impressora inicia espalhando uma fina camada desse pó sobre uma plataforma. Em seguida, um laser de alta potência percorre a superfície, fundindo (ou sinterizando) seletivamente as partículas de pó, unindo-as para formar uma camada sólida do objeto. Concluída a camada, a plataforma desce ligeiramente e um rolo deposita uma nova camada de pó sobre a anterior. O processo se repete,

com o laser fundindo cada nova camada à anterior. Uma das grandes vantagens da SLS é que o pó não fundido serve como suporte natural para a peça durante a impressão, eliminando a necessidade de estruturas de suporte adicionais e permitindo a fabricação de geometrias complexas. Ao término da impressão, o objeto é simplesmente retirado do leito de pó, que pode ser em grande parte reciclado para impressões futuras.

Dessa forma, as impressoras 3D transformam projetos digitais em realidade física, abrindo um leque de possibilidades em áreas tão diversas quanto engenharia, medicina, arquitetura, educação e entretenimento, impulsionando a inovação desde a prototipagem rápida até a manufatura personalizada em escala.

4.2 FILAMENTOS:

No universo da impressão 3D que opera pela tecnologia FDM (Modelagem por Deposição Fundida), o material de construção fundamental é o filamento, que pode ser comparado à tinta em uma impressora tradicional. Apresentado como um fio de polímero termoplástico enrolado em um carretel, este material é aquecido até seu ponto de fusão e, em seguida, extrudado através de um bico quente, camada por camada, para dar forma a um objeto tridimensional. A escolha do filamento adequado é um passo crítico no processo, pois as propriedades intrínsecas do material — como sua resistência mecânica, flexibilidade, acabamento superficial e tolerância à temperatura — irão ditar diretamente as características, a durabilidade e as aplicações possíveis da peça finalizada.

Figura 5 – Filamentos



Fonte: Impresoras3D. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://www.impresoras3d.com/pt/>

➤ PLA (Ácido Polilático)

O PLA detém o título de filamento mais popular e amplamente utilizado na impressão 3D, uma reputação construída sobre sua notável facilidade de uso e baixa complexidade técnica. Trata-se de um poliéster termoplástico biodegradável e biocompatível, fabricado a partir de fontes renováveis como amido de milho ou cana-de-açúcar. Sua principal vantagem reside na simplicidade de impressão: o PLA funde a uma temperatura relativamente baixa (190-220°C) e possui baixa contração térmica, o que minimiza o risco de deformações (warping). Além disso, exala um odor adocicado e não tóxico, sendo seguro para ambientes fechados. Apesar de ser rígido e apresentar excelente detalhamento, sua baixa resistência térmica (amolece acima de 60°C) e sua natureza quebradiça o tornam ideal para protótipos visuais, itens decorativos e objetos que não sofrerão estresse mecânico ou térmico.

➤ ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno)

O ABS é um termoplástico de engenharia conhecido por sua robustez, durabilidade e alta resistência ao impacto e a temperaturas elevadas, sendo o mesmo material utilizado em blocos de LEGO e componentes automotivos. Essas propriedades o tornam excelente para peças funcionais e que precisam suportar estresse mecânico. No entanto, sua impressão é consideravelmente mais desafiadora. O ABS exige temperaturas de extrusão e de mesa mais altas e é muito propenso ao warping, necessitando de uma impressora fechada para manter uma temperatura ambiente estável. Durante a impressão, ele libera um forte odor e vapores que exigem um ambiente bem ventilado, tornando-o menos adequado para uso doméstico.

➤ PETG (Tereftalato de Polietileno Glicol)

O PETG é frequentemente considerado o equilíbrio perfeito entre o PLA e o ABS. Ele combina a facilidade de impressão e o baixo warping do PLA com a resistência, durabilidade e flexibilidade do ABS. É um material extremamente resistente a impactos e a produtos químicos, além de ser seguro para contato com alimentos (em sua forma natural). O PETG é ideal para peças mecânicas, componentes funcionais e recipientes. Seu principal desafio de impressão é a tendência a criar finos fios de plástico entre as partes do modelo (stringing), o que pode exigir um ajuste fino das configurações de retração da impressora.

➤ TPU (Poliuretano Termoplástico)

O TPU é um filamento flexível, com propriedades semelhantes às da borracha. Sua principal característica é a elasticidade, permitindo a criação de peças que podem ser dobradas, esticadas e comprimidas sem perder a forma. É o material ideal para a fabricação de capas de celular, pulseiras, pneus para modelos de controle remoto e qualquer objeto que necessite de absorção de impacto e flexibilidade. A impressão com TPU é mais lenta do que com filamentos rígidos e requer um sistema de extrusão que suporte bem materiais flexíveis (preferencialmente um extrusor de acionamento direto) para evitar que o filamento se enrole ou emperre durante o processo.

➤ Nylon (Poliamida)

O Nylon é um material de engenharia de alto desempenho, renomado por sua excepcional resistência mecânica, tenacidade e baixo coeficiente de atrito. Essas características o tornam a escolha perfeita para a produção de peças de alta performance, como engrenagens, buchas, dobradiças e outros componentes que sofrem desgaste constante por fricção. No entanto, o Nylon apresenta um grande desafio: ele é extremamente higroscópico, o que significa que absorve umidade do ar com muita facilidade. Se não for armazenado em um ambiente seco e, muitas vezes, seco em um forno antes do uso, a umidade fará com que o material borbulhe durante a impressão, resultando em uma peça fraca e com acabamento ruim.

4.3 CONECTORES DE EMENDA

Os conectores de emenda, também conhecidos como conectores de junção, têm como função principal permitir a união segura entre dois ou mais condutores elétricos. Eles substituem práticas inadequadas, como torcer fios manualmente e isolá-los apenas com fita isolante, garantindo maior segurança, confiabilidade e durabilidade às instalações elétricas.

Esses conectores são especialmente importantes em sistemas residenciais, prediais e industriais, onde a qualidade da emenda impacta diretamente na eficiência do circuito e na prevenção de falhas, como aquecimento excessivo, curto-circuitos ou perdas de energia.

4.3.1 Tipos de Conectores de Emenda

A literatura técnica e a prática de mercado classificam os conectores de emenda em diferentes tipos, entre os quais destacam-se:

- Conectores torcidos (twist-on ou “luvas”): compostos por uma cápsula plástica interna com rosca metálica, que garante a fixação dos condutores ao serem inseridos e torcidos;

Figura 6 – Conector twist-on



Fonte: Casas Bahia. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nk.dev/napar>

- Conectores de pressão ou mola (tipo WAGO): utilizam um sistema de mola metálica para prender os fios, dispensando o uso de ferramentas e facilitando a instalação e manutenção;

Figura 7 – Conector WAGO



Fonte: Mercado Livre. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nk.dev/VqOtB>

- Conectores de aperto por parafuso (bornes): permitem a inserção dos fios em

terminais fixados por parafusos, oferecendo firmeza e versatilidade;

Figura 8 – Conector Split Bolts



Fonte: IDB Atacadistas. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://sl1nk.com/Q855E>

- Conectores termor-retráteis: aplicados com calor, promovem isolamento adicional e proteção contra umidade e agentes externos, sendo indicados para ambientes críticos.

Figura 9 - Conector Termo-retrátil



Fonte: Amazon. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nk.dev/GooyG>

4.3.2 Normatização e Segurança

A escolha de conectores de emenda deve estar em conformidade com as normas da ABNT NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão), que regulamenta os procedimentos de instalação elétrica no Brasil. O uso de conectores certificados reduz riscos de sobreaquecimento e garante maior confiabilidade na condução da corrente elétrica.

4.3.3 Conector de Emenda Selecionado – WAGO 221

Após a análise das opções disponíveis no mercado, optou-se pela utilização do conector de emenda WAGO 221, fabricado pela WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG - empresa alemã especializada no desenvolvimento e fabricação de soluções tecnológicas para automação e eletrônica. Essa escolha deve-se às suas características técnicas que o tornam uma solução moderna, segura e prática para instalações residenciais, comerciais e industriais de baixa tensão.

Figura 10 - Conector WAGO reto c/ medidas

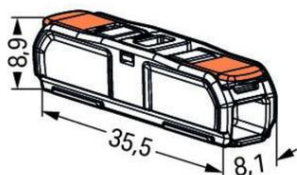


Figura 11 - Conector WAGO reto



Fonte: LojaGubler. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nq.com/7rGiK>

Fonte: LojaGubler. Acesso em: out. 2025

Disponível em: <https://l1nq.com/7rGiK>

O modelo WAGO 221 destaca-se pelo sistema de fixação por mola, que elimina a necessidade de ferramentas específicas, como alicates de pressão ou chaves de fenda. Basta inserir o condutor descascado no borne e acionar a alavanca, garantindo assim uma conexão firme e confiável. Essa característica reduz o tempo de instalação e diminui erros comuns associados a conexões mal executadas.

Entre suas principais especificações técnicas, ressaltam-se:

- Suporte a condutores rígidos e flexíveis de diferentes bitolas (de 0,14 mm² até 4 mm²);
- Capacidade de condução de corrente de até 32 A;

- Tensão máxima suportada de 450 V; Estrutura compacta, que permite instalação em caixas de passagem com espaço reduzido.

Além disso, o WAGO 221 possui certificações internacionais de qualidade e segurança, atendendo às normas da IEC e estando em conformidade com a NBR 5410, o que garante confiabilidade para uso em instalações elétricas residenciais no Brasil. A adoção desse conector proporciona vantagens relevantes, tais como:

- Redução de falhas de contato, devido ao sistema de mola com pressão constante;
- Agilidade no processo de instalação, otimizando mão de obra;
- Maior segurança elétrica, minimizando riscos de aquecimento e curto-circuito;
- Versatilidade de aplicação, já que aceita diferentes tipos de cabos no mesmo conector.

5 DESENVOLVIMENTO

A Tomada Móvel, como já mencionado no resumo e na introdução, consiste em um sistema de distribuição elétrica bifásico desenvolvido para permitir a transmissão de energia entre módulos removíveis. O projeto será composto por duas partes principais, que funcionarão de forma integrada.

A primeira parte corresponde a uma placa base, confeccionada em policarbonato ou PLA (Ácido Polilático) — material amplamente utilizado em impressoras 3D devido à sua resistência e fácil moldagem. O modelo será produzido por meio de impressão 3D, possibilitando um formato compacto e preciso. Essa placa será fixada na parede e conterá quatro condutores elétricos: duas fases, um neutro e um terra. A transmissão de energia elétrica entre os dispositivos ocorrerá por meio de contatos deslizantes, que permitem a condução de corrente sem a necessidade de cabos expostos. Para assegurar a continuidade elétrica entre as placas, serão utilizados conectores metálicos que, além de realizar a união física entre os módulos, garantem a passagem segura e eficiente da corrente elétrica. Esse sistema modular possibilita a expansão do número de tomadas de forma prática e segura.

A segunda parte do projeto corresponde à tomada móvel propriamente dita, que será acoplada sobre a placa base. Essa tomada será envolvida por uma estrutura no formato de placa 2x1, responsável por fornecer suporte mecânico e estabilidade ao conjunto. Essa estrutura contará com uma cavidade destinada à inserção de peças de revestimento personalizáveis, permitindo que o usuário selecione o material ou o acabamento estético de acordo com o ambiente em que o sistema será instalado. Deve-se ressaltar que a concepção inicial de uma bateria interna foi descartada nesta fase, por inviabilidade técnica e econômica, dadas as limitações de custo, peso exorbitante e volume excessivo que as opções viáveis agregariam ao módulo. Além disso, a tomada também contará com contatos deslizantes condutores, que possibilitarão a conexão elétrica direta com a placa base, garantindo a transmissão segura e eficiente da corrente entre as duas partes.

O sistema de encaixe rápido e seguro das peças facilita tanto a instalação quanto a substituição dos revestimentos, oferecendo versatilidade, praticidade e personalização no uso diário. Essa abordagem torna o dispositivo modular e adaptável, permitindo manutenção simplificada e integração com diferentes designs ou configurações elétricas.

5.1 DESENHO DO PROJETO

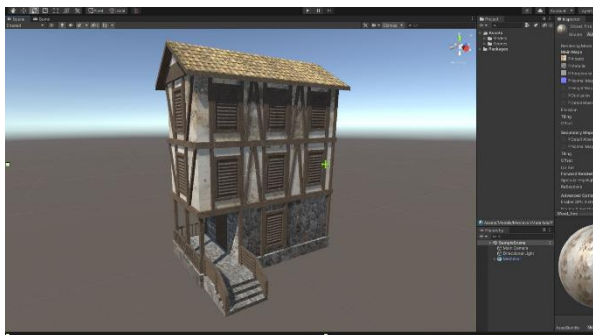
5.1.1 Ferramentas e softwares empregados na modelagem e desenvolvimento do protótipo

Para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), definiu-se a utilização de impressoras 3D para a confecção do protótipo da Tomada Móvel. Com base nessa decisão, foi necessário selecionar softwares adequados para o processo de modelagem tridimensional, considerando as diversas opções disponíveis no mercado.

Optou-se pela utilização de dois programas principais: o Blender e o Autodesk Inventor. O Blender foi escolhido por possuir uma interface intuitiva, ser um software amplamente conhecido e de código aberto, além de ser gratuito, o que facilita seu uso em ambientes educacionais e acadêmicos. Já o Autodesk Inventor, apesar de ser um software pago, está disponível gratuitamente por meio dos e-mails institucionais da ETEC, o que possibilitou seu uso no desenvolvimento do projeto. Esse programa mostrou-se bastante eficiente e prático para modelagem mecânica, permitindo criar, editar e ajustar peças com precisão e agilidade.

Além desses programas, também foi utilizado o Ultimaker Cura, software responsável pelo preparo dos modelos digitais para a impressão 3D. Com ele, é possível configurar parâmetros como temperatura, velocidade de impressão, espessura das camadas e densidade de preenchimento, garantindo melhor qualidade e eficiência durante a fabricação do protótipo, conforme ilustrado nas imagens apresentadas a seguir:

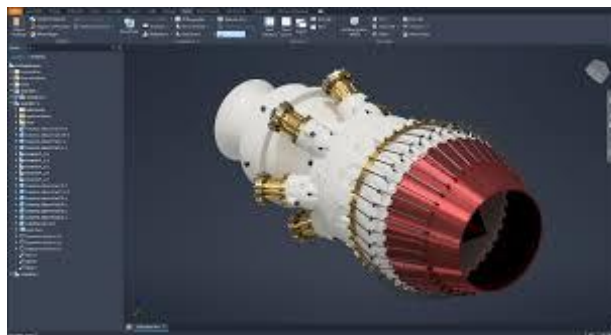
Figura 12 – Modelagem 3D realizada no Blender



Fonte: SatellaSoft. Acesso em: out. 2025.

Disponível em: <https://l1nq.com/yTrkq>

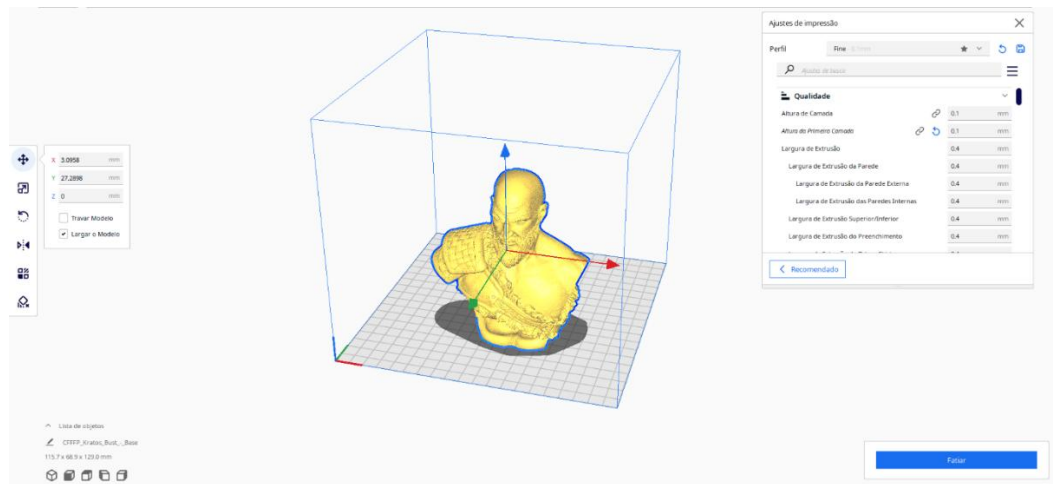
Figura 13 – Modelagem 3D desenvolvida no Autodesk Inventor



Fonte: Autodesk. Acesso em: out. 2025.

Disponível em: <https://sl1nk.com/8V3oD>

Figura 14 – Modelo 3D no Software Ultimaker Cura



Fonte: Elaboração própria (2025)

5.1.2 Início da criação de modelos

Antes de iniciar a modelagem propriamente dita, elaborou-se um modelo conceitual do projeto, com o objetivo de visualizar e explorar o potencial da Tomada Móvel. Essa etapa permitiu transformar ideias abstratas em representações reais, fornecendo uma base para a criação de versões digitais e físicas do protótipo, além de facilitar na questão das proporções, funcionalidades e possíveis melhorias no projeto.

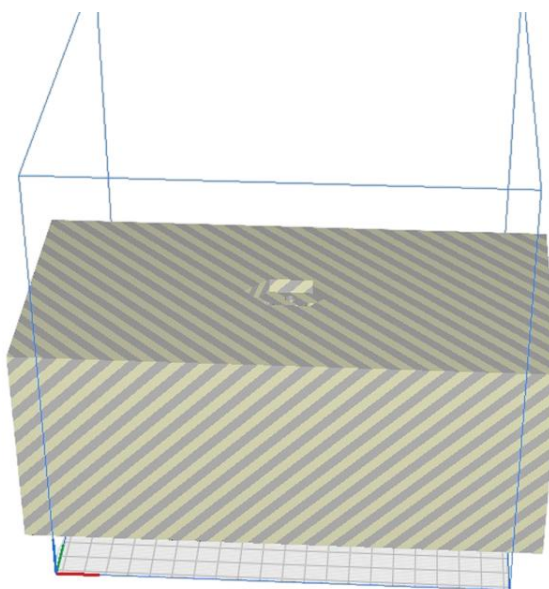
Figura 15 – Representação conceitual do protótipo desenvolvida no Blender



Fonte: Elaboração própria (2025)

Com base nas etapas anteriores, iniciamos o processo de criação do modelo base do projeto, desenvolvendo a primeira versão da Tomada Móvel. Esse primeiro modelo foi criado com o objetivo de definir dimensões adequadas para a impressão 3D, definindo-o com as medidas de 24x12x10cm. Entretanto, durante essa etapa, constatou-se que as medidas iniciais não seriam viáveis para o protótipo, devido ao tamanho e proporções inadequadas para a montagem e o manuseio.

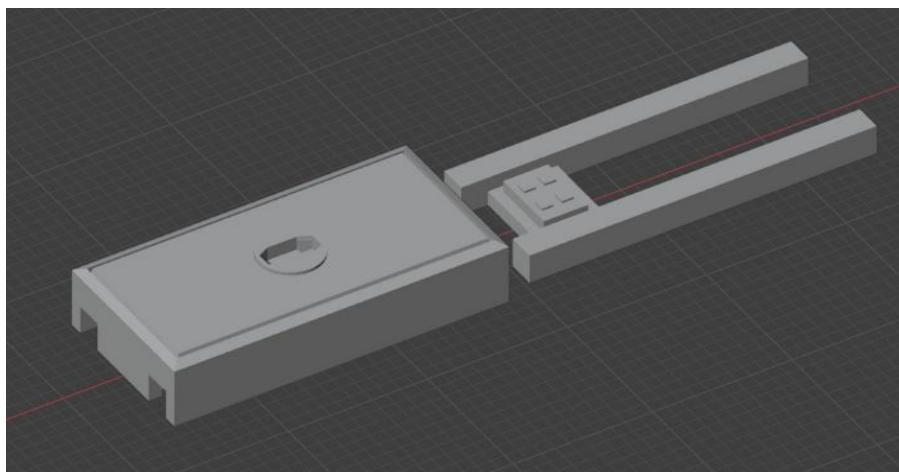
Figura 16 – Modelo autoral nº 1 desenvolvido no Inventor em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura



Fonte: Elaboração Própria (2025)

Dando continuidade ao desenvolvimento, criamos a segunda versão do modelo da Tomada Móvel, agora com dimensões mais racionais de 24x12x5cm. Embora ainda mantenha caráter conceitual, este modelo introduz a representação dos contatos deslizantes, porém sem reservar um espaço físico real para eles, e apresenta o primeiro conceito de encaixe, aproximando-se mais da configuração final do protótipo. Nesta versão, a peça permanece praticamente sólida, sem passagem para os fios, mas já oferece uma visualização mais próxima da realidade e possibilita avaliar melhor proporções, encaixes e a ergonomia do dispositivo.

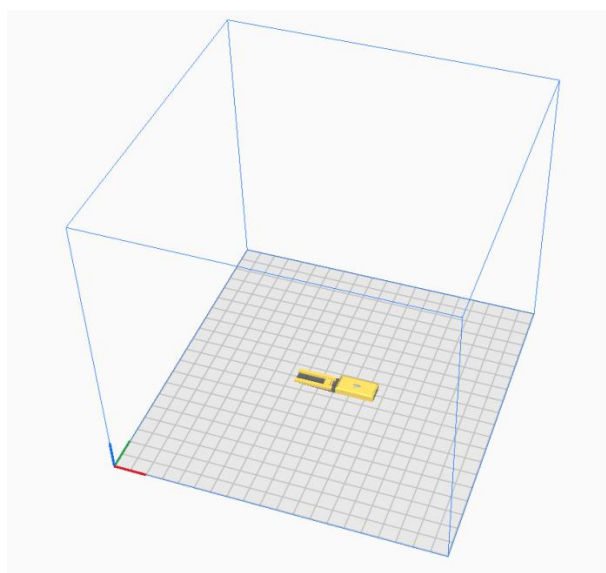
Figura 17 – Modelo autoral nº 2 desenvolvido no Blender



Fonte: Elaboração Própria (2025)

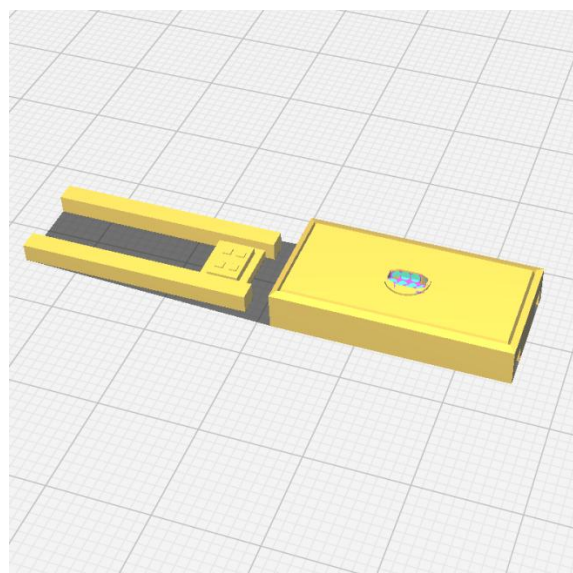
O segundo modelo também marcou a primeira tentativa de impressão 3D do projeto, realizada com o apoio do Senai. No entanto, devido a uma configuração inadequada da impressora, o protótipo foi impresso em dimensões muito menores do que o planejado. Apesar do modelo digital possuir 24x12 cm, a impressora utilizada suportava apenas 20 cm de largura, resultando em uma impressão com apenas 2,4 cm de largura. Embora fosse relativamente simples ajustar a escala para obter o tamanho correto, essa etapa não foi realizada, e como o modelo ainda tinha caráter conceitual, não foi um problema crítico. Mesmo com o tamanho reduzido, a impressão permitiu visualizar de forma tangível a geometria geral e os encaixes do protótipo.

Figura 18 – Modelo autoral nº 2 em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura



Fonte: Elaboração própria (2025)

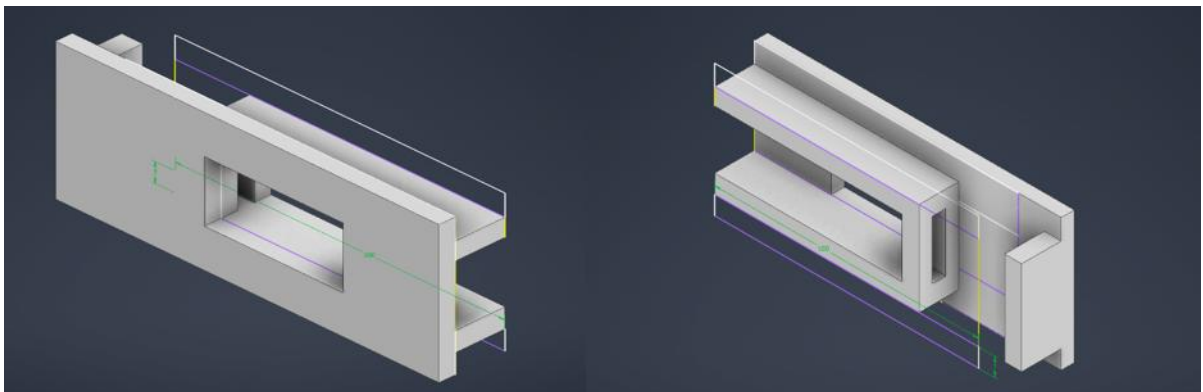
Figura 19 – Modelo autoral nº 2 em preparo para impressão pelo Ultimaker Cura



Fonte: Elaboração própria (2025)

Posteriormente, foi criado o terceiro modelo, desenvolvido no software Autodesk Inventor, que foi dividido em duas partes para proporcionar melhor trabalhabilidade e ajustes mais detalhados. Esse modelo agora possui espaços reservados para a passagem de fios, encaixe dos contatos deslizantes e instalação da tomada, apresentando um formato mais funcional e próximo ao ideal. Contudo, ele ainda mantinha dimensões reduzidas, ausência de espaço para revestimentos, dimensionamento incorreto dos conectores e falta de um sistema definido para fixar e desacoplar as placas entre si.

Figura 20 – Modelo autoral nº 3 desenvolvido no Inventor – 1ª Peça



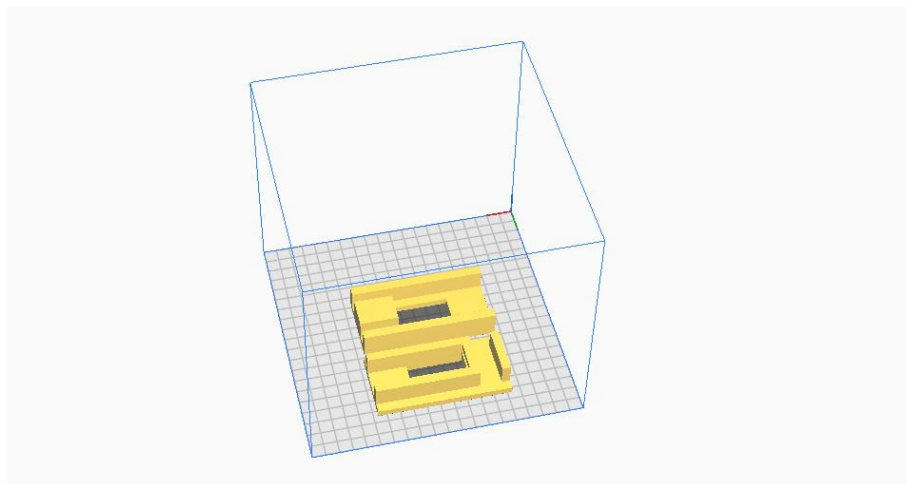
Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 21 – Modelo autoral nº 3 desenvolvido no Inventor – 2ª Peça



Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 22 – Modelo autoral nº 3 em preparo para impressão no Ultimaker Cura



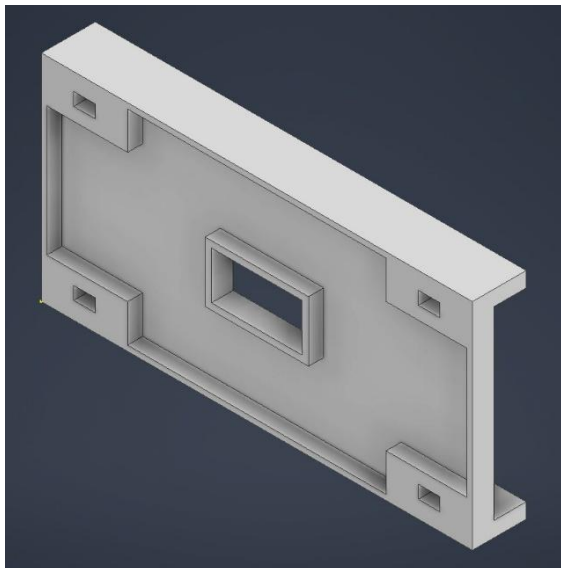
Fonte: Elaboração própria (2025)

Em sequência, após a elaboração do protótipo número 3, constatou-se que o mesmo apresentava inconsistências no dimensionamento, não atendendo integralmente às proporções e especificações ergonômicas previamente definidas no projeto. Diante dessa observação, procedeu-se ao desenvolvimento de um quarto modelo, o qual foi meticulosamente ajustado para atingir as dimensões ideais e adequadas à proposta funcional do sistema.

Esse novo modelo incorpora um espaço devidamente projetado para a inserção do revestimento externo, garantindo melhor acabamento estético e isolamento mecânico. Além disso, foi implementado um sistema de travamento estrutural em quatro pontos estratégicos, que assegura a fixação firme da placa e, simultaneamente, possibilita sua remoção de forma prática e eficiente por meio do acionamento das quatro alavancas aparentes, concebidas para facilitar a desmontagem sem comprometer a integridade dos componentes internos.

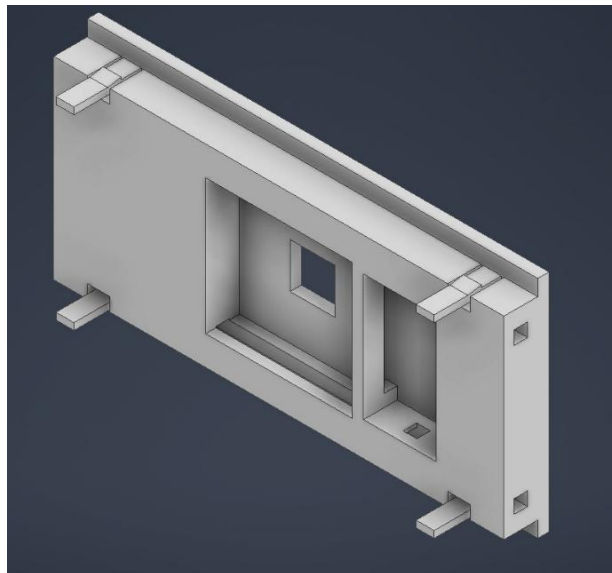
O projeto também contempla passagens internas cuidadosamente planejadas para a organização e encaminhamento dos condutores elétricos, otimizando o fluxo e reduzindo interferências eletromagnéticas. Há, ainda, um compartimento específico destinado à conexão entre a tomada e a placa principal, bem como à interface de contato com o módulo deslizante, onde os terminais de condução serão posicionados. Dessa forma, o novo modelo representa um avanço significativo no refinamento técnico e funcional do conjunto, aproximando-se da configuração ideal para a etapa de prototipagem final.

Figura 23 – Modelo autoral nº4 desenvolvido no Inventor – 1ª Peça



Fonte: Elaboração própria (2025)

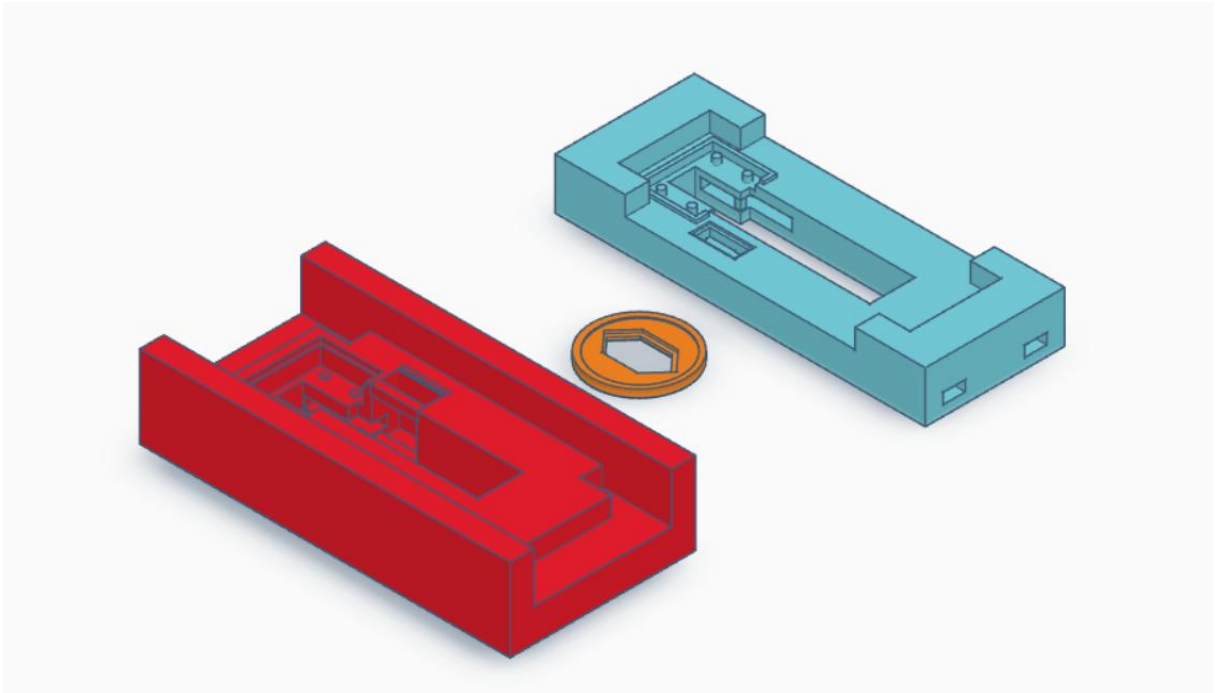
Figura 24 – Modelo autoral nº 4 desenvolvido no Inventor – 2ª Peça



Fonte: Elaboração própria (2025)

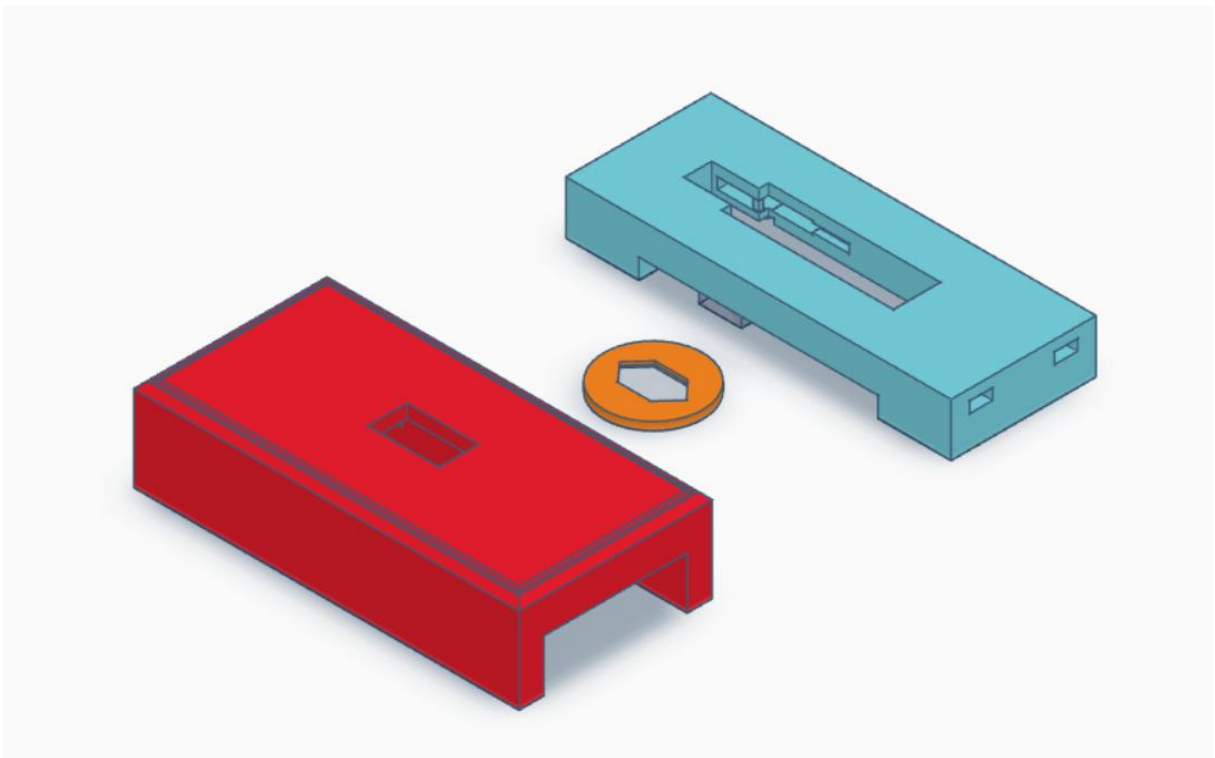
O modelo final autoral desenvolvido para o Sistema Modular de Tomadas Móveis representa a consolidação de todas as etapas de aprimoramento realizadas ao longo do projeto. Nesta versão, a peça foi projetada de forma a integrar, de maneira otimizada, todos os elementos necessários para o funcionamento seguro e eficiente do protótipo. O desenho inclui suportes específicos para a fixação dos contatos deslizantes por meio de parafusos, garantindo estabilidade mecânica e alinhamento preciso durante a conexão elétrica. Além disso, incorpora um encaixe simplificado entre as partes móveis, permitindo que o usuário acople e desacople os módulos de forma rápida e intuitiva. O interior da estrutura foi modelado com espaço dedicado para acomodar a passagem dos fios, a instalação dos conectores tipo Wago e a organização interna do circuito, evitando interferências e garantindo segurança. A parte externa também recebeu atenção especial, com a criação de um nicho para aplicação de papel de parede ou revestimentos decorativos, permitindo a personalização estética do produto. Por fim, o design inclui áreas específicas para a montagem da tomada e do interruptor, mantendo a ergonomia e a funcionalidade mesmo em um formato compacto. Dessa forma, o modelo final sintetiza todas as necessidades técnicas identificadas durante o desenvolvimento, apresentando-se como uma solução completa, robusta e funcional.

Figura 25 – Modelo Autoral nº5 desenvolvido no TinkerCAD/Blender



Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 26 – Modelo autoral nº 5 desenvolvido no TinkerCAD/Blender



Fonte: Elaboração Própria (2025)

5.2 DETALHAMENTO TÉCNICO DO MODELO

O modelo desenvolvido para o sistema modular de tomadas móveis apresenta, como já dito anteriormente, uma estrutura composta por duas unidades principais: a placa base de alimentação e o módulo de tomada removível. O conceito técnico foi estabelecido de modo a possibilitar o encaixe e desacoplamento rápido entre os componentes, assegurando o fluxo contínuo de energia por meio de contatos deslizantes. A placa base foi dimensionada com medidas aproximadas de 24 cm de largura, 12 cm de altura e 5 cm de espessura, constituída em polímero PLA.

A fixação de uma placa à outra é realizada por meio de orifícios estratégicos localizados nas extremidades, permitindo a instalação direta sobre superfícies revestidas. Nela contém os pinos de contato correspondentes aos terminais da placa base, que se alinham perfeitamente durante o encaixe, garantindo o fechamento do circuito elétrico. O design inclui saliências e travas laterais, responsáveis por fixar o módulo de forma firme e segura, evitando deslocamentos acidentais.

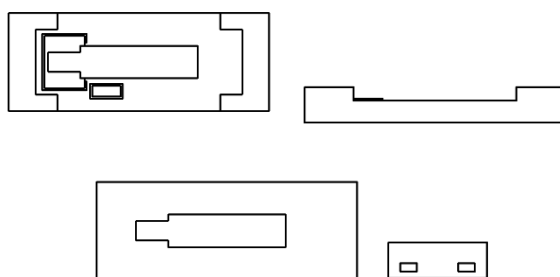
Os contatos deslizantes estão posicionados em canais longitudinais no corpo da placa, permitindo a transmissão contínua de energia elétrica quando o módulo removível é acoplado. O sistema foi projetado para suportar tensões de até 250 V e corrente máxima de 10 A, compatíveis com o uso residencial e corporativo de baixa tensão. O módulo de tomada móvel, por sua vez, tem um formato padronizado do tipo placa 2x1.

O sistema de acoplamento segue o princípio de encaixe por pressão e guia deslizante, dispensando o uso de parafusos ou travas metálicas expostas. No interior do módulo móvel, foram previstas cavidades técnicas destinadas à instalação dos bornes de ligação e à organização dos condutores internos, assegurando isolamento e reduzindo riscos de curto-circuito. As superfícies externas da peça são levemente arredondadas, reduzindo o risco de fissuras por impacto e oferecendo maior conforto ergonômico ao usuário.

A fim de garantir versatilidade estética, o modelo conta com um compartimento frontal removível, permitindo a substituição do revestimento externo por chapas de diferentes materiais, de acordo com a decoração do ambiente. Esse sistema modular de acabamento foi pensado para atender tanto aplicações residenciais quanto corporativas, mantendo a uniformidade visual dos espaços.

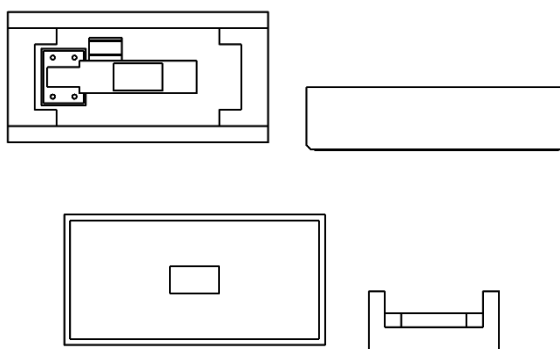
A distância entre os polos condutores respeita as recomendações de segurança estabelecidas pelas normas NBR 61439-1 e NBR 14136, garantindo isolamento adequado entre fase, neutro e terra. Para a fixação e condução dos cabos internos, o modelo incorpora canaletas internas com travas de retenção, que asseguram o posicionamento correto dos fios e evitam esforço mecânico nos terminais. A escolha do conector de emenda WAGO 221 complementa o sistema, proporcionando uma união firme e prática entre os condutores, além de facilitar o processo de manutenção.

Figura 27 – Modelo autoral nº5 representação em vistas - 1ª Peça



Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 28 – Modelo autoral nº 5 representação em vistas - 2ª Peça



Fonte: Elaboração própria (2025)

5.3 PROCESSO DE IMPRESSÃO

No referente projeto, conforme abordado nos tópicos anteriores, consolidou-se a utilização da impressão 3D na confecção do protótipo, visto que esta tecnologia possibilita o desenvolvimento de uma estrutura altamente trabalhável e modificável ao longo do processo de elaboração. A impressão 3D permite não apenas a criação de um produto único e autoral, mas também o dimensionamento preciso de acordo com as necessidades específicas estabelecidas pelo TCC. Dessa forma, torna-se viável propor uma solução para o problema das tomadas mal alocadas em edificações,

permitindo a alteração de sua posição sem a necessidade de quebras em paredes de vedação já acabadas ou, principalmente, em paredes estruturais, cuja intervenção poderia comprometer a integridade da construção. Além disso, o método confere uma melhor estética ao ambiente e oferece total personalização, possibilitando que o usuário defina o local exato e a forma de utilização da tomada conforme suas demandas.

A partir dessa decisão, iniciou-se o planejamento do processo de impressão das peças. Um dos integrantes do grupo possuía experiência prévia com impressoras 3D, o que contribuiu significativamente para o início da modelagem da placa. Contudo, a configuração da impressora apresentou desafios técnicos, exigindo ajustes e testes sucessivos. Inicialmente, o modelo foi levado para impressão no laboratório do SENAI, sob supervisão de professores. Nessa primeira tentativa, embora a peça tenha sido impressa com sucesso, o modelo apresentou escala reduzida em relação ao projeto original e o encaixe destinado à tomada foi corrompido, inviabilizando a montagem correta. No entanto. Mesmo com o tamanho reduzido, a impressão permitiu visualizar de forma tangível a geometria geral e os encaixes do protótipo, como anteriormente dito.

Figura 29 – Modelo autoral nº 2 impresso em PLA



Fonte: Elaboração própria (2025)

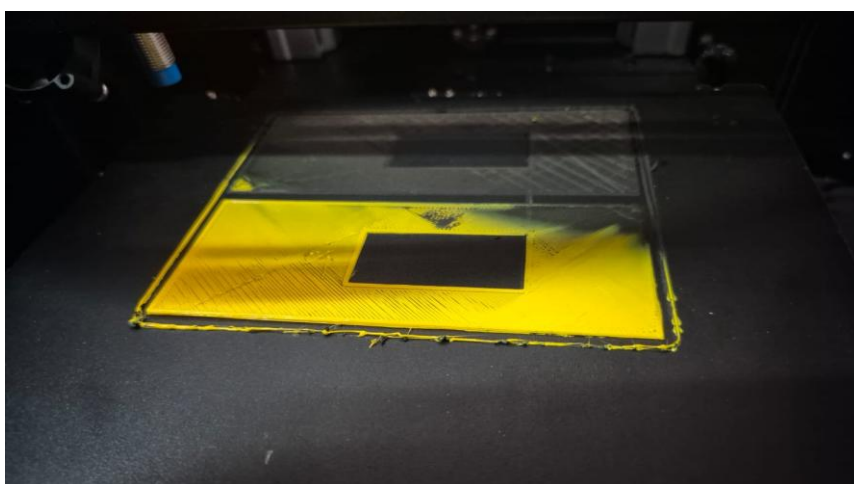
A materialização do protótipo conceitual inicial serviu como uma prova de conceito, validando a ergonomia básica e o volume do design. Esta etapa marcou o início da fase subsequente de iteração e refinamento, um ciclo de desenvolvimento focado na transição para um protótipo plenamente funcional. Este novo estágio exigia

maior precisão dimensional e integridade mecânica, essenciais para a futura montagem dos barramentos e componentes elétricos. Com isso, optou-se pela utilização do equipamento de impressão 3D Cliever CL2.5 disponível nas instalações da ETEC Itaquera II, visando otimizar o ciclo de design-teste-revisão.

Contudo, o processo de comissionamento e calibração da impressora apresentou desafios técnicos significativos e intransponíveis. O equipamento manifestou, inicialmente, uma falha crítica no sistema de extrusão. A ausência de deposição de material, provavelmente combinada a uma calibração incorreta do eixo Z, levou a uma colisão direta do bico extrusor aquecido contra a plataforma de construção. Este incidente resultou em danos superficiais à mesa de impressão, comprometendo sua planicidade e a área útil de impressão.

Após a execução da manutenção corretiva, que incluiu a desobstrução completa do bico, o fluxo de polímero foi restabelecido. Entretanto, um segundo problema emergiu de forma imediata: uma falha severa de adesão da camada inicial. O material extrudado não aderiu à superfície da plataforma, sendo meramente arrastado pelo bico em seu percurso programado. Este fenômeno, indicativo de problemas crônicos no nivelamento da mesa ou na gestão térmica da plataforma, inviabilizou por completo a impressão do protótipo, gerando apenas um rastro disforme de filamento.

Figura 30 – Tentativa falha de impressão do modelo autoral nº 3



Fonte: Elaboração própria (2025)

Figura 31 – Filamento não aderido à placa da impressora



Fonte: Elaboração própria (2025)

Diante da impossibilidade técnica de prosseguir com a impressão na Etec Itaquera II utilizando os recursos da instituição, tornou-se imperativo buscar parcerias externas para a materialização do projeto. Seguindo a recomendação da orientadora, Prof.^a Larissa Dias Costa, o grupo estabeleceu contato com o FabLab Itaquera, um laboratório de fabricação digital especializado em prototipagem rápida, para viabilizar a produção física do modelo. Entretanto, devido a questões burocráticas, optamos por utilizar um serviço externo para realizar a impressão do modelo autoral nº 4, destinado à apresentação na Feira Tecnológica, evento que ocorre anualmente na ETEC Itaquera II.

Figura 32 – Modelo autoral nº 4 impresso em PLA



Fonte: Elaboração própria (2025)

Com o modelo final devidamente pronto, passamos para a etapa de impressão 3D do ultimo protótipo. Essa fase foi realizada com o apoio do professor Douglas Pietro, utilizando a impressora 3D da FATEC Itaquera, que opera com filamento ABS. Durante a impressão, foram aplicados ajustes específicos no fatiamento para garantir melhor aderência, precisão dimensional e estabilidade das peças, resultando em um conjunto final com excelente qualidade estrutural. As imagens a seguir registram o processo de fabricação e demonstram o resultado obtido com o uso do ABS.

Figura 33 – Processo de impressão do modelo autoral nº5 - Final



Fonte: Elaboração própria (2025)

5.4 TESTES E VALIDAÇÕES DO PROTÓTIPO

5.4.1 Funcionamento do protótipo

Para fazer o nosso protótipo funcionar com a tecnologia escolhida, foi necessário montar um circuito conforme o modelo apresentado a seguir. Esse circuito é composto por quatro fios principais organizados de forma paralela e devidamente isolados, conforme as exigências da NBR 5410 (ABNT, 2004), sendo eles: dois de fase, um neutro e um terra. Como vimos anteriormente, cada módulo da tomada contém quatro condutores elétricos fabricados em latão. Esses condutores integram o conjunto de contatos deslizantes, responsáveis por transmitir energia à tomada sem a necessidade de cabos expostos, onde cada contato contém dois condutores, sendo,

portanto, necessários dois pares para o funcionamento completo do protótipo.

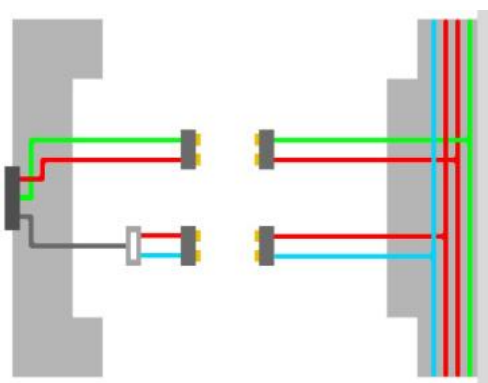
Distribuição de fios para cada CD (Contato Deslizante):

➤ CD 1: fase e neutro

➤ CD 2: fase e terra

Esse esquema possibilita a alternância de voltagem entre 110V e 220V, conforme a necessidade do sistema. O processo é controlado por um interruptor, que alterna o funcionamento entre os dois lados do circuito, permitindo que o usuário selecione a tensão desejada de forma prática e segura.

Figura 34 – Representação do circuito elétrico das placas



Fonte: Elaboração própria (2025)

5.4.2 Funcionamento do circuito

Uma tomada de 110V é composta por três componentes principais: fase, neutro e terra. O fio de fase é o responsável por fornecer a tensão elétrica de 110 volts, ou seja, é o condutor ativo por onde circula a corrente elétrica que alimenta os aparelhos. O fio neutro funciona como o condutor de retorno, permitindo o fechamento do circuito sem apresentar diferença de potencial significativa (0V). Já o fio terra é um elemento de proteção, utilizado para direcionar eventuais fugas de corrente elétrica ao solo, prevenindo choques elétricos e garantindo a segurança do usuário e dos equipamentos.

Quando ocorre a substituição do neutro (0V) por um segundo fio de fase (110V) proveniente de outro circuito ou fase do sistema, a diferença de potencial entre esses dois condutores se soma, resultando em uma tensão de 220V. Isso acontece porque, enquanto o neutro não apresenta potencial elétrico, as duas fases possuem potenciais alternados e defasados entre si em 180°, o que faz com que a tensão resultante entre elas seja o dobro da tensão individual. Assim, 110V (fase 1) + 110V (fase 2) = 220V bifásico.

Portanto, em um circuito comum, a ligação entre fase e neutro fornece 110V, enquanto a ligação entre duas fases distintas fornece 220V. Essa diferença de configuração é amplamente utilizada em sistemas residenciais e comerciais, dependendo da necessidade de alimentação dos equipamentos. A correta identificação e ligação desses condutores é essencial para evitar danos aos aparelhos elétricos, garantir o funcionamento adequado das instalações e assegurar conformidade com as normas técnicas de segurança elétrica.

5.4.3 Testes

Durante os testes iniciais do sistema, não obtivemos sucesso no funcionamento esperado, pois foi identificado um erro de conexão elétrica decorrente da inversão dos condutores, onde o fio neutro havia sido instalado no lugar da fase. Essa falha impediu o funcionamento correto do circuito, comprometendo a alimentação dos dispositivos e a resposta dos componentes conectados. Além de inviabilizar a operação, esse tipo de erro pode gerar riscos como curtos-circuitos e danos a equipamentos sensíveis, o que reforça a importância da conferência minuciosa das ligações elétricas.

Figura 35 – Medidor de tensão (multímetro)



Fonte: Mercado Livre. Acesso em: out. 2025

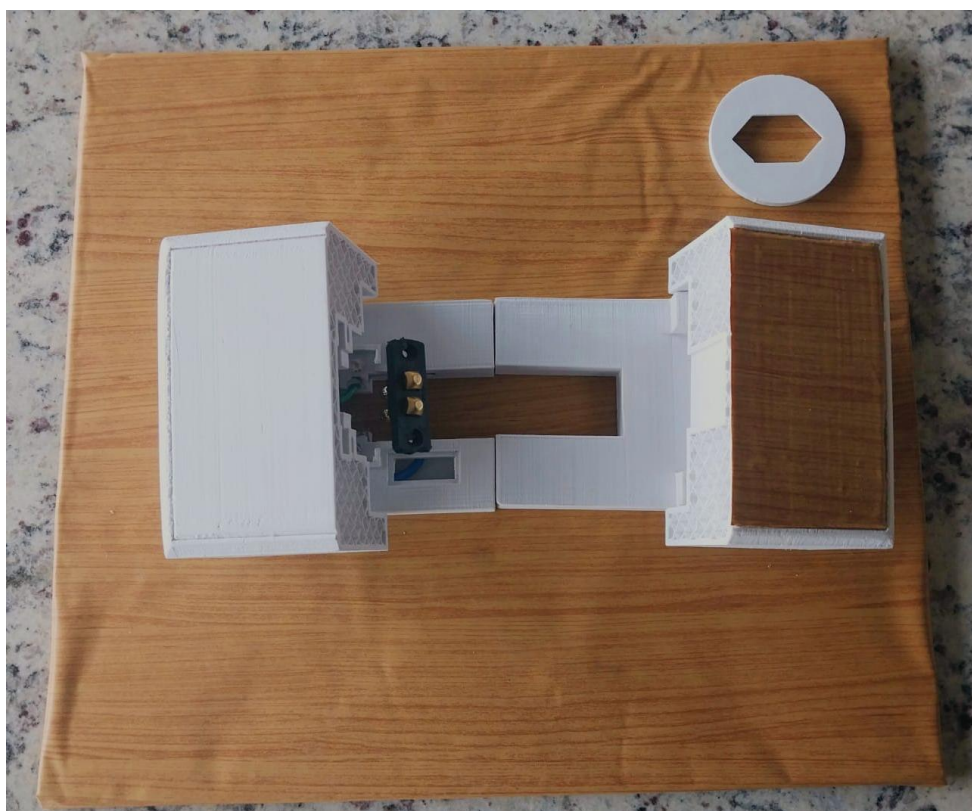
Disponível em: <https://acesse.one/HbESb>

Para identificar o problema, utilizamos novamente o medidor de tensão,

instrumento essencial na detecção de falhas e conferência de polaridade. Com ele, foi possível verificar ponto a ponto o percurso da corrente, até localizar precisamente a origem do déficit elétrico. Após a confirmação da inversão, realizamos a correção do cabeamento, restabelecendo a correspondência adequada entre fase e neutro e garantindo o cumprimento das normas técnicas aplicáveis às instalações elétricas.

Após o reparo, os testes foram repetidos para validar o funcionamento do sistema. Dessa vez, o circuito apresentou desempenho satisfatório, com todos os componentes operando de forma estável e segura. Esse resultado evidenciou a eficácia do processo de verificação e correção adotado, além de reforçar a importância do uso de instrumentos de medição e da atenção aos detalhes durante a execução de instalações elétricas, assegurando qualidade e confiabilidade no resultado final.

Figura 36 – Protótipo Conceitual Finalizado



Fonte: Elaboração própria (2025)

Com a impressão concluída, foi possível avaliar fisicamente todas as características estruturais do protótipo final. A peça destinada à fixação na parede foi impressa integralmente, permitindo verificar sua rigidez, alinhamento dos encaixes e compatibilidade com os componentes elétricos planejados. Já a segunda peça foi intencionalmente produzida pela metade, possibilitando a visualização interna de seus

compartimentos, reforços e canais para passagem dos fios e conectores. Essa abertura permitiu confirmar a correta distribuição do espaço interno, o posicionamento dos suportes e a eficiência das espessuras de parede definidas na modelagem 3D. A análise conjunta das duas impressões demonstrou que o desenho atende plenamente aos requisitos funcionais do projeto, validando a precisão dimensional alcançada durante a etapa de fatiamento e confirmando a viabilidade técnica da proposta.

5.5 DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES E MELHORIAS

Durante o desenvolvimento do protótipo da Tomada Móvel, algumas limitações técnicas e econômicas foram identificadas e impactaram diretamente as decisões do projeto. Uma das principais restrições foi relacionada à ideia inicial de adicionar uma bateria interna ao módulo móvel, com o objetivo de possibilitar seu funcionamento autônomo, de forma semelhante a um mini no-break. Essa bateria permitiria que o dispositivo continuasse operando mesmo em casos de queda de energia, dando a possibilidade de desligar os aparelhos conectados adequadamente, além de poder carregar equipamentos sem conexão direta à rede por um curto período de tempo.

Entretanto, a viabilidade dessa implementação se mostrou intangível para nós devido ao alto custo das baterias de boa qualidade disponíveis no mercado, especialmente aquelas que oferecem capacidade e segurança suficientes para uso residencial. Além do preço elevado, observou-se que a maioria das baterias com desempenho adequado possui dimensões e peso consideráveis, o que inviabilizaria o uso em um protótipo pequeno, como o proposto neste trabalho. A utilização de uma bateria desse porte afetaria a leveza, a estética e a praticidade do sistema modular, contrariando os princípios de portabilidade e integração visual que fundamentam o projeto.

Apesar dessas limitações, é importante destacar que os avanços recentes na tecnologia de armazenamento de energia apontam para a possibilidade de, futuramente, superar esses obstáculos. A rápida evolução das baterias de íon-lítio, de estado sólido e de grafeno tende a oferecer soluções cada vez mais compactas, leves e acessíveis. Dessa forma, em versões futuras do projeto, será plenamente viável incorporar uma bateria interna de alta densidade energética, ampliando as funcionalidades do dispositivo e garantindo maior autonomia energética em situações de falha na rede elétrica.

Outra melhoria possível diz respeito à miniaturização dos componentes elétricos e mecânicos, que poderá permitir a integração de sistemas inteligentes, como sensores de consumo, conexões sem fio (Bluetooth ou Wi-Fi) e controle remoto por aplicativo. Tais recursos poderiam transformar a Tomada Móvel em um dispositivo inteligente e interativo, alinhado às tendências de automação residencial e à Internet das Coisas (IoT).

Por fim, ressalta-se que o protótipo atual cumpre satisfatoriamente o papel de demonstrar o conceito funcional e estrutural do sistema modular, mas há potencial para aprimoramentos tanto no desempenho elétrico quanto na estética e usabilidade. Com o avanço das tecnologias de fabricação digital e armazenamento de energia, espera-se que futuras versões da Tomada Móvel se tornem ainda mais eficientes, acessíveis e sustentáveis, contribuindo de forma significativa para a modernização das instalações elétricas residenciais e corporativas.

5.5.1 Custos de Produção e Viabilidade Econômica

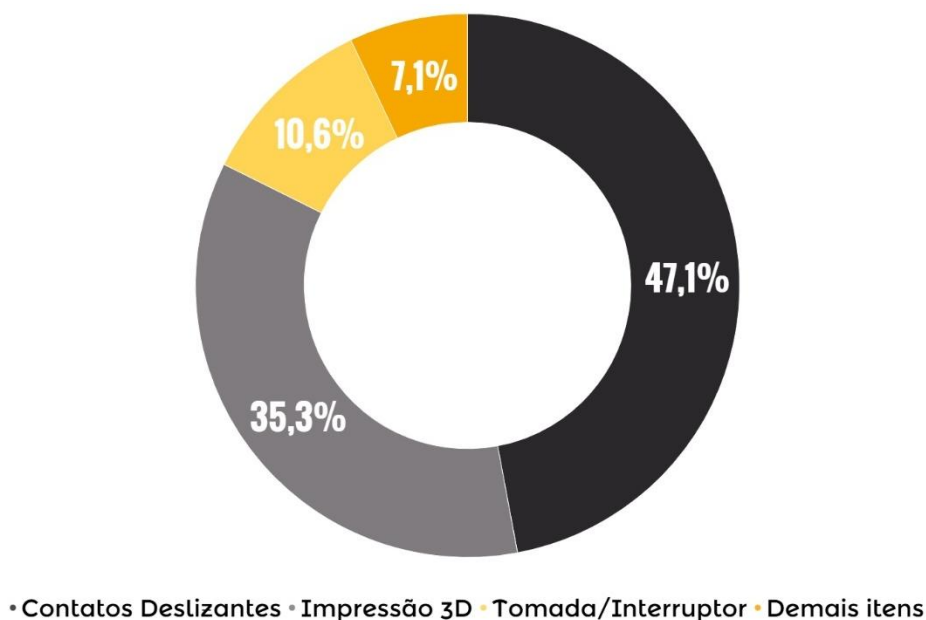
Durante o processo de desenvolvimento, observou-se que o custo total de produção do protótipo ficou acima do valor esperado, especialmente devido ao custo unitário elevado dos componentes adquiridos individualmente. A utilização de impressão 3D, apesar de extremamente útil na criação e ajustes de design, apresenta um custo por unidade superior quando comparada a processos industriais tradicionais de manufatura, como a moldagem por injeção. Esse método, amplamente utilizado na indústria de plásticos, permite a produção em larga escala com menor custo unitário, maior velocidade e acabamento mais uniforme, o que torna o projeto economicamente mais viável em sua aplicação comercial.

Outro ponto relevante é que, na fase atual, as tomadas e os contatos deslizantes utilizados foram adquiridos separadamente, o que elevou o custo e aumentou a complexidade de montagem. Em um processo de produção otimizado, esses componentes poderiam ser integrados diretamente à estrutura da placa base, reduzindo a quantidade de peças, simplificando o processo de fabricação e aumentando a confiabilidade do conjunto. Essa integração permitiria ainda a padronização dos módulos, resultando em menor custo final e maior praticidade para o usuário.

Portanto, embora o protótipo apresente custo relativamente elevado em sua

fase experimental, em escala industrial e com técnicas de produção otimizadas, o sistema modular da Tomada Móvel tem alto potencial de viabilidade econômica, podendo ser comercializado a um preço acessível sem comprometer a qualidade ou a segurança elétrica. Essa perspectiva reforça a aplicabilidade prática do projeto e sua contribuição potencial para o mercado de soluções residenciais e corporativas.

Figura 37 – Gráfico de distribuição de custos



Elaboração própria

A análise de custos do protótipo evidencia que a maior parte do investimento está concentrada nos contatos deslizantes e na estrutura impressa em 3D, representando, juntos, mais de 80% do valor total de produção. O custo total do protótipo, considerando todas as peças utilizadas, foi de aproximadamente **R\$ 170,00**, valor elevado principalmente por se tratar de uma produção única e artesanal. O uso da impressão 3D, embora essencial para a fase de testes e validação conceitual, contribui significativamente para o custo devido ao preço do material e ao tempo de fabricação relativamente alto.

Entretanto, ao se projetar o sistema para uma produção em larga escala, observa-se um cenário economicamente mais favorável. Com a adoção de processos industriais como a moldagem por injeção plástica, o custo unitário da estrutura seria drasticamente reduzido. Além disso, a compra de contatos deslizantes em atacado poderia diminuir seu preço de R\$ 80,00 para cerca de R\$ 40,00, ou até menos, caso

fossem produzidos diretamente junto à placa base. Dessa forma, estima-se que o custo total de fabricação do modelo final poderia ser reduzido para menos da metade do valor atual, tornando o produto competitivo e financeiramente viável para comercialização em escala industrial.

5.6 APRESENTAÇÃO VISUAL DO TCC

5.6.1 Melhoria Estética do Projeto

Durante as etapas de desenvolvimento e prototipagem, observou-se a importância de integrar a tomada móvel de forma visualmente coerente com o ambiente. Com base nessa percepção, definiu-se que o sistema deveria permitir a aplicação de revestimentos personalizados sobre suas placas, possibilitando o uso do mesmo acabamento da parede onde o dispositivo seria instalado.

Essa decisão estética teve como principal objetivo preservar a uniformidade visual e evitar rupturas no design do espaço, garantindo que o sistema de tomadas se tornasse discreto e harmonioso, em vez de um elemento destoante. O conceito de revestimento integrado foi incorporado aos modelos subsequentes, resultando em uma peça capaz de se fundir esteticamente ao ambiente, respeitando princípios de design contemporâneo e minimalista.

Além disso, o desenvolvimento com tecnologia de impressão 3D possibilitou o refinamento dos detalhes visuais e estruturais, permitindo a criação de texturas, espessuras e encaixes personalizados, ajustáveis a diferentes tipos de revestimentos, como porcelanato, gesso, madeira ou pintura lisa. Com isso, o modelo final passou a apresentar uma estética moderna, equilibrada e funcional, valorizando tanto o aspecto visual quanto o técnico do produto.

O aprimoramento estético, portanto, não se limitou à aparência, mas buscou integrar forma e função, oferecendo beleza, coerência arquitetônica e adaptabilidade.

5.6.2 Opções de Praticidade no Modelo

A praticidade sempre foi um dos pilares do projeto. Desde as primeiras versões, buscou-se criar um sistema de fácil instalação, remoção e manutenção, evitando processos complexos ou que exigissem conhecimentos técnicos avançados. Com isso, definiu-se o uso de fitas dupla face 3M como método principal de fixação das placas à parede.

Figura 38 – Fita Dupla Face 3M



Fonte: Elastobor. Acesso em: sep. 2025.

Disponível em: <https://sl1nk.com/A5BFa>

A escolha desse tipo de fixador deve-se à sua resistência mecânica, segurança elétrica e à capacidade de adesão limpa e removível, características que permitem a instalação sem a necessidade de perfurações, parafusos ou quebras de revestimento. Essa decisão contribui para a viabilidade prática do projeto, especialmente em ambientes já finalizados ou locados, onde intervenções estruturais são indesejáveis.

Além da fixação simplificada, o sistema modular possibilita a realocação rápida das tomadas, permitindo que o usuário adapte sua posição conforme o layout do ambiente ou a necessidade de uso. A combinação entre fácil encaixe, travamento eficiente e instalação limpa garante um uso intuitivo e organizado, atendendo aos princípios de ergonomia e estética propostos no desenvolvimento.

Por fim, a integração entre design modular, impressão 3D e soluções de montagem simplificada resultou em um produto que equilibra inovação e acessibilidade, viabilizando uma proposta prática, moderna e sustentável.

5.7 RELAÇÃO COM TEORIA

O desenvolvimento do projeto Tomada Móvel fundamenta-se diretamente nos princípios teóricos da eletricidade e nas normas técnicas que regulamentam o uso seguro e eficiente da energia elétrica. A Tomada, composta por uma placa base e uma placa acoplável, representa a aplicação prática dos conceitos de corrente elétrica, potencial elétrico, resistência, potência e segurança elétrica, descritos na

fundamentação teórica.

O funcionamento do sistema, baseado na transmissão de energia entre módulos removíveis, está relacionado aos conceitos de eletricidade dinâmica e corrente elétrica, conforme abordado por Tipler e Mosca (2009) e Cardoso (2015). Quando a tomada móvel é conectada à placa base, ocorre o fluxo ordenado de elétrons através dos contatos metálicos condutores, permitindo a condução da corrente elétrica de forma contínua e segura. A aplicação da Lei de Ohm, formulada por Georg Simon Ohm em 1827, é essencial para o dimensionamento adequado dos condutores, assegurando que a resistência elétrica do sistema não provoque aquecimento excessivo ou perdas de energia.

Além dos fundamentos físicos, o projeto também foi concebido de acordo com as normas técnicas brasileiras que tratam da segurança e padronização de instalações elétricas. A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece requisitos para instalações elétricas de baixa tensão, como a obrigatoriedade do aterramento elétrico, a divisão em circuitos independentes e a proteção contra sobrecorrentes. Esses princípios foram aplicados no projeto por meio do uso dos quatro condutores, garantindo segurança, continuidade e confiabilidade na distribuição de energia.

A NBR 14136 (ABNT, 2002), que define o padrão brasileiro de plugues e tomadas, também está presente no conceito da Tomada Móvel. O sistema segue a padronização de três pinos e mantém o alinhamento com as normas de segurança elétrica, introduzindo um formato modular e encaixável que amplia a versatilidade do uso sem comprometer a proteção do usuário.

De forma complementar, a NR 10 (BRASIL, 2004), que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade, fundamenta a preocupação do projeto com a integridade física do usuário e do instalador. O uso de materiais isolantes, como policarbonato e PLA, está de acordo com as exigências de segurança previstas pela norma, oferecendo resistência mecânica e isolamento elétrico adequados ao uso doméstico e comercial.

A proposta também dialoga com o contexto histórico apresentado na fundamentação teórica, em que a evolução da eletricidade — desde os estudos de Tales de Mileto até as aplicações modernas de Tesla e Edison — transformou o cotidiano e impulsionou a necessidade de soluções inovadoras. Nesse cenário, a

Tomada Móvel surge como uma resposta às demandas da era digital, oferecendo mobilidade, praticidade e segurança elétrica em ambientes cada vez mais dinâmicos e tecnologicamente dependentes.

Dessa forma, o projeto representa a convergência entre teoria e prática, aplicando os fundamentos científicos da eletricidade e respeitando as normas técnicas de segurança para propor uma solução funcional, sustentável e adaptável às novas exigências da infraestrutura elétrica moderna.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, foi possível compreender que a inovação tecnológica, quando aliada à funcionalidade e à segurança, é capaz de transformar significativamente o modo como as pessoas interagem com os espaços construídos. O Sistema Modular de Tomadas Móveis nasceu da necessidade de solucionar uma problemática cotidiana: a limitação e a má disposição dos pontos de energia em ambientes residenciais e corporativos. Essa simples observação foi o ponto de partida para uma proposta que uniu criatividade, pesquisa técnica e aplicação prática de conhecimentos adquiridos ao longo do nosso curso técnico em Edificações.

Durante o processo de concepção, exploramos princípios fundamentais de eletricidade, segurança e ergonomia, com o objetivo de criar um produto que oferecesse mobilidade, eficiência e estética. O uso das normas técnicas, como a NBR 5410, garantiu a veracidade e a segurança do circuito elétrico proposto, enquanto o uso de tecnologias como a impressão 3D possibilitou a materialização de um protótipo real, acessível e customizável. Cada decisão tomada — desde a escolha dos materiais até o design das peças — foi orientada pela busca de um equilíbrio entre viabilidade técnica, funcionalidade e inovação visual.

Além do aprimoramento técnico, este trabalho também evidenciou a importância da colaboração e da interdisciplinaridade. O projeto exigiu a integração de conhecimentos de desenho técnico, eletricidade, design, modelagem 3D e segurança do trabalho, reforçando o papel do trabalho em equipe na superação de desafios e na construção de soluções práticas. Através dos testes e ajustes realizados, foi possível aperfeiçoar o protótipo, compreendendo que cada falha técnica é também uma oportunidade de aprendizado e evolução.

As conclusões obtidas não se restringem apenas ao êxito do produto final, mas também refletem um amadurecimento profissional e intelectual do grupo. Percebemos que o verdadeiro objetivo de um projeto não está apenas em apresentar uma inovação, mas em contribuir para o avanço da sociedade e para o uso mais inteligente e sustentável dos recursos disponíveis. O Sistema Modular de Tomadas Móveis representa, portanto, uma proposta que alia funcionalidade, adaptabilidade e sustentabilidade, em sintonia com as exigências contemporâneas de conforto, segurança e flexibilidade nos espaços modernos.

Este projeto valoriza a autonomia do usuário em seu próprio ambiente, permitindo que ele reorganize seu espaço de acordo com suas necessidades, sem depender de reformas ou instalações fixas. Essa liberdade de adaptação traduz o propósito maior do trabalho: democratizar o acesso à tecnologia e tornar o cotidiano mais prático e eficiente, sem abrir mão da estética e da segurança.

Além disso, é importante destacar que o protótipo desenvolvido não permaneceu apenas no campo teórico ou conceitual: ele funcionou plenamente em todos os testes realizados, comprovando a eficiência do sistema proposto. A alternância entre tensões, o acionamento do interruptor, o encaixe modular das peças e a passagem da corrente elétrica ocorreram de forma estável e segura, demonstrando que o modelo é tecnicamente viável e capaz de desempenhar exatamente as funções para as quais foi projetado.

Concluimos, portanto, que o ambiente construído deve ser flexível, sustentável e inteligente, capaz de se ajustar às novas demandas da sociedade moderna. A Tomada Móvel é mais do que um conjunto de peças, mas sim um símbolo do potencial criativo e técnico dos alunos, e um passo em direção a um futuro onde a tecnologia e a construção civil caminham lado a lado para gerar soluções inovadoras, acessíveis e humanas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14136: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 06 out. 2025.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 61439-3: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão – Parte 3: Quadros de distribuição.** Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: 06 out. 2025.

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Guia de Sistemas Fotovoltaicos: On-grid, Off-grid e Híbridos.** São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: out. 2025.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Global EV Outlook 2024.** 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>. Acesso em: 06 out. 2025.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.** 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Acesso em: 06 out. 2025.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Vehicle-to-Grid (V2G).** 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/transport/vehicle-to-grid-v2g>. Acesso em: 06 out. 2025.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (IRENA). **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor.** 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-The-Hydrogen-Factor>. Acesso em: 06 out. 2025.

ALL3DP. **The Best 3D Printer Filament: Types & Properties**. [s.l.]: All3DP, [s.d.]. Disponível em: <https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-overview-properties/>. Acesso em: out. 2025.

ATHERTON, S. W. **Early Extension Cords in the United States: A Historical Overview**. *Electrical Review & History Journal*, v. 12, n. 2, 1904. Disponível em: <https://electricraftinc.com/2019/12/19/the-care-and-training-of-extension-cords>. Acesso em: out. 2025.

AUTODESK. **Introdução à impressão 3D: fundamentos, processos e aplicações**. São Paulo: Autodesk Education, 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BINSWANGER, Gustav. **Improvements in Electric Plugs**. Patente GB189516898, 1895. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: out. 2025.

BLOOMBERGNEF. **Global Energy Storage Outlook 2024**. 2024. Disponível em: <https://about.bnef.com/global-energy-storage-outlook/>. Acesso em: 06 out. 2025.

BOSCH, Matthias; KERSTEN, Jens. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing**. Acesso em: sep. 2025

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/>. Acesso em: ago. 2025.

CARDOSO, J. R. **Eletricidade e Magnetismo**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015. Acesso em: 13 ago. 2025.

CFTV CLUBE. **Contato deslizante para fechaduras e portões eletrônicos – Security Parts**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.cftvclub.com.br/contato-deslizante-para-fechaduras-e-portoes-eletricos-security-parts>. Acesso em: out. 2025.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2021/10/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 06 out. 2025.

CONNECTICUT HISTORY. **First U.S. Detachable Electric Plug – Today in History (November 8)**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://connecticuthistory.org/first->

[us-detachable-electric-plug-today-in-history-november-8](#). Acesso em: 03 ago. 2025.

CREALITY. **Guia Técnico de Impressão 3D: parâmetros, fatiamento e ajustes de qualidade**. Shenzhen: Creality Official, 2023. Disponível em: <https://www.creality.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

D&Z MATERIAIS ELÉTRICOS. **Conector de emenda 2 polos reto 0,2–4,0 mm² 32 A – Wago 221-2411 (página de produto)**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.dzmateriaiseletricos.com.br/.../wago-221-2411>. Acesso em: out. 2025.

ELECTRICRAFT INC. **The Care and Training of Extension Cords**. 2019. Disponível em: <https://electriccraftinc.com/2019/12/19/the-care-and-training-of-extension-cords>. Acesso em: 04 ago. 2025.

EDISON, Thomas. **Patente de condutor elétrico**. 1892. [Link citado no texto secundário]. Disponível em: <https://electriccraftinc.com/>. Acesso em: 04 ago. 2025.

ENERGIA COMPLETA. **Tomada 2P+T – Compose**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.energiacompleta.com.br/tomada-2p-t-compose>. Acesso em: out. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Caderno de Armazenamento de Energia**. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/.../Caderno%20de%20Armazenamento%20de%20Energia.pdf>. Acesso em: 06 out. 2025.

FILIPEFLOP (Blog). **Tipos de filamentos para impressora 3D**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-filamentos-para-impressora-3d/>. Acesso em: out. 2025.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030**. 2019. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/a-vision-for-a-sustainable-battery-value-chain-in-2030/>. Acesso em: 06 out. 2025.

GRAHAM, Kyle. **Plug Addiction: How Our Obsession With Outlets Shapes Design**. *Medium – Re:Form*, 2020. Disponível em: <https://medium.com/re-form/plug-addiction-7232f364624a>. Acesso em: ago. 2025.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – v. 3: Eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Acesso em: 13 ago. 2025.

HARDWARE.COM.BR. **No-break para internet: como escolher**. [s.l.], [s.d.].

Disponível em: <https://www.hardware.com.br/artigos/no-break-para-internet/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

HUBBELL, Harvey. **Separable Attachment Plug. Patente US 774250 A, 1904.** Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US774250A>. Acesso em: out. 2025.

HUBS. **3D Printing Materials Guide.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.hubs.com/knowledge-base/3d-printing-materials/>. Acesso em: out. 2025.

IEEE – INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **The Smart Grid: An Introduction.** 2018. Disponível em: https://www.ieee.org/.../smartgrid_introduction.pdf. Acesso em: 06 out. 2025.

ILLUMIN (USC). **A Powerful History: The Modern Electrical Outlet.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://illumin.usc.edu/a-powerful-history-the-modern-electrical-outlet>. Acesso em: 03 ago. 2025.

INSTITUTO AURORA. **ODS 7 – Energia acessível e limpa.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://institutoaurora.org/ods-7-energia-acessivel-e-limpa>. Acesso em: 05 ago. 2025.

ITER ORGANIZATION. **What is ITER?** 2025. Disponível em: <https://www.iter.org/proj/inafewlines>. Acesso em: 06 out. 2025.

KOSOW, I. **Máquinas Elétricas e Transformadores.** São Paulo: Makron Books, 2002. Acesso em: 13 ago. 2025.

LOJA ELÉTRICA. **Conectores e Terminais: Conectores Elétricos.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.lojaelettrica.com.br/material-eletrico/conectores-e-terminais/conectores-eletricos.html>. Acesso em: 24 set. 2025.

MATTERHACKERS. **3D Printer Filament Comparison Guide.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.matterhackers.com/filament-comparison-guide>. Acesso em: out. 2025.

MCKINSEY & COMPANY. **Micromobility's Next Big Move: A Guide to the New Landscape.** 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/.../micromobilitys-next-big-move-a-guide-to-the-new-landscape>. Acesso em: 06 out. 2025.

MD POLICABOS. **Cabo silicone 150 mm² 200 °C sem fibra de vidro.** [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://mdpolicabos.com/>. Acesso em: 23 set. 2025.

MEDIUM (Re-form). **Plug Addiction**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://medium.com/re-form/plug-addiction-7232f364624a>. Acesso em: 04 ago. 2025.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Baterias ou acumuladores**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/curiosidades/baterias-ou-acumuladores.htm>. Acesso em: 12 ago. 2025.

MUSE – PROJECT MUSE. **[Artigo em Technology and Culture]**. 2022. Disponível em: <https://muse.jhu.edu/pub/1/article/889529/pdf>. Acesso em: 04 ago. 2025.

NIST – NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 4.0**. 2021. Disponível em: <https://www.nist.gov/publications/nist-framework-and-roadmap-smart-grid-interoperability-standards-release-40>. Acesso em: out. 2025.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica – v. 3: Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2018. Acesso em: 13 ago. 2025.

PETERSON, Carl M. **Table Tap – Household Electrical Connector**. *Australian Engineering History Review*, 1929. Disponível em: <https://electricraftinc.com>. Acesso em: out. 2025.

PJ NEBLINA. **Fita dupla face 19 mm x 5 m – 3M VHB 4910**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.pjneblina.com.br/produto/fita-dupla-face-19mm-5-metros-transparente-vhb-4910>. Acesso em: 26 out. 2025.

PLUGS & SOCKETS MUSEUM. **North America (Type A/B) – Early Plugs**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.plugsocketmuseum.nl/NorthAm2.html>. Acesso em: 03 ago. 2025.

PROCobre. **Manuais Técnicos para Instalações Elétricas**. 2025. Disponível em: <http://procobre.org/pt/>. Acesso em: 06 out. 2025.

PRUSA RESEARCH. **PrusaSlicer Documentation: Complete User Manual**. Prague: Prusa Research, 2024. Disponível em: <https://help.prusa3d.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

PRUSA RESEARCH. **Filament Guide (Knowledge Base)**. Prague: Prusa Research, [s.d.]. Disponível em: <https://help.prusa3d.com/en/category/filament->

[guide_220](#). Acesso em: out. 2025.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Guias Técnicos de Instalações Elétricas**. 2025. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/>. Acesso em: 06 out. 2025.

SCHROEDER, Fred E. H. **More “Small Things Forgotten”: Domestic Electrical Plugs and Receptacles, 1881–1931**. *Technology and Culture*, v. 27, n. 3, p. 525–543, 1986. Disponível em: <https://muse.jhu.edu/pub/1/article/889529/pdf>. Acesso em: ago. 2025.

SENAI. **Materiais didáticos de Eletricidade**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/senai/>. Acesso em: out. 2025.

SIMPLIFY3D. **Understanding the 3D Printing Process: From Model to G-Code**. Ohio: Simplify3D LLC, 2023. Disponível em: <https://www.simplify3d.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SMITH, Thomas Tayler. **Electric-Circuit Connection**. Patente GB188200430, 1882. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: out. 2025.

SOFITAS. **Fita VHB industrial**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.sofitas.com.br/vhb-industrial>. Acesso em: 26 out. 2025.

TALBOT, Peter. **Development of the Power Board in Australia**. *Australasian Electrical Heritage Review*, 1972. Disponível em: <https://electriccraftinc.com>. Acesso em: out. 2025.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros – v. 2: Eletricidade e Magnetismo**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Acesso em: 13 ago. 2025.

ULTIMAKER. **Cura: User Manual and Slicing Parameters Guide**. Utrecht: Ultimaker B.V., 2024. Disponível em: <https://support.ultimaker.com/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

VOLTIMUM. **Busbar Trunking & Powertracks**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.voltimum.co.uk/news/busbar-trunking-powertracks>. Acesso em: 04 ago. 2025.

WAGO. **Conectores de emenda (página principal)**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.wago.com/br/conexao/conectores-de-emenda>. Acesso em: 24 set. 2025.

WAGO. **Linha 221 – página promocional e aplicações**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://wago221.com.br/>. Acesso em: 24 set. 2025.

WAGO. **Conector de emenda – Linha 221 (especificações detalhadas)**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.wago.com/br/conexao/conectores-de-emenda/linha221>. Acesso em: 24 set. 2025.

WARRIOR'S PEN. **Harvey Hubbell II**. 2024. Disponível em: <https://warriorspen.edublogs.org/2024/05/07/harvey-hubbell-the-second>. Acesso em: 03 ago. 2025.

WIKIPÉDIA. **Bateria de íon-lítio**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria_de_i%C3%A3o_l%C3%ADtio. Acesso em: 12 ago. 2025.

WIKIPÉDIA. **Bateria polímero de lítio**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria_pol%C3%ADmero_de_l%C3%ADtio. Acesso em: 12 ago. 2025.

WIKIPÉDIA. **Efeito memória**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_mem%C3%B3ria. Acesso em: 12 ago. 2025.

3M DO BRASIL. **Fita dupla face VHB 4910 – ficha do produto**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/p/d/b40072022/. Acesso em: 26 out. 2025.

365ELECTRIC. **Coax Cable (TV/SAT)**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.365electric.com/tvs/coaxcable/173485.html>. Acesso em: 04 ago. 2025.

APÊNDICE A – MATERIAIS COMPLEMENTARES

O código abaixo direciona para uma pasta contendo os vídeos de demonstração do protótipo, incluindo o teste de alternância 220V→110V, e os arquivos 3D utilizados no processo de modelagem.

Figura 39 – QR Code para os vídeos de teste e modelos 3D



Fonte: Elaboração própria (2025)