

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

LETÍCIA GALDINO CUNHA

**PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA
NACIONAL DE TOMADAS E INTERRUPTORES COM PROSPECÇÃO
PARA O MERCADO EXTERNO**

VIÇOSA
2023

LETÍCIA GALDINO CUNHA

**PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA
NACIONAL DE TOMADAS E INTERRUPTORES COM PROSPECÇÃO
PARA O MERCADO EXTERNO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos.

VIÇOSA
2023

LETICIA GALDINO CUNHA

**PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA LINHA
NACIONAL DE TOMADAS E INTERRUPTORES COM PROSPECÇÃO
PARA O MERCADO EXTERNO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 13 de julho de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOSE CARLOS DA COSTA CAMPOS
Data: 13/07/2023 15:47:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos - Orientador
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. José Tarcísio Resende - Membro
Universidade Federal de Viçosa

Documento assinado digitalmente
 JOSE TARCISIO DE RESENDE
Data: 14/07/2023 11:03:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Leonardo Luiz Vetore - Membro
Departamento de Capacitores, Tomadas e Interruptores - WEG

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO LUIZ VETORE
Data: 17/07/2023 09:06:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Deivt Tomaselli – Membro
Engenharia de Tomadas e Interruptores - WEG

Documento assinado digitalmente
 DEIVT TOMASELLI
Data: 17/07/2023 09:29:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

“(...) e lhe chamou Ébenezzer, e disse: Até aqui nos ajudou o Senhor.”

(I Samuel 7:12)

À minha família, pelo apoio incondicional.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por todas as bênçãos, por Sua graça e pela força concedidas na minha caminhada até aqui. Sem Ele, eu não haveria chegado aonde estou.

Agradeço à minha família por todo o apoio e incentivo durante todas as etapas da minha vida e por batalharem por mim durante todo esse tempo. Sou grata à minha mãe Andréia, meu pai Edson e ao meu irmão Gabriel por sempre estarem presentes, por todo amor recebido e por não me deixarem desistir em nenhum momento.

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Viçosa que compartilharam seu conhecimento e fizeram parte da minha jornada durante o curso, em especial aos docentes do Departamento de Engenharia Elétrica por todo o apoio durante a graduação. Agradeço ao meu orientador, professor José Carlos, por toda ajuda concedida.

Aos meus colegas da ELT16 por compartilharem comigo os bons e maus momentos da minha vida acadêmica, pelas madrugadas de estudo e pelo companheirismo durante toda a graduação. Aos amigos que a UFV me deu e que levo para a vida com todo o carinho: Leticinha, Juliana, Helena, Handerson, Uliana, Ananias e todos aqueles que de alguma forma fizeram parte dessa importante fase da minha vida.

Agradeço à WEG por todos os recursos disponibilizados e por tamanha oportunidade de desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço especialmente aos colegas do Parque Fabril I de Jaraguá do Sul por todo o conhecimento partilhado, pelo incentivo, pela amizade e pela força.

Resumo

As tomadas elétricas, plugues e interruptores são elementos vastamente utilizados no setor de construção civil. Uma parte importante para fabricar este tipo de produto é a injeção plástica, que requer alto nível de investimento em maquinário, principalmente por conta dos moldes de injeção, que são peças complexas, essenciais ao processo e particulares de cada produto. Este fato representa um dificultador no processo de internacionalização de fabricantes de equipamentos elétricos para construção civil, tendo em vista que não existe um padrão aplicado a nível global para os tipos de tomadas e plugues. A Comissão Internacional de Eletrotécnica (IEC) registrou a existência de 15 diferentes padrões de tomadas ao redor no mundo, e tamanha variedade exige que o desenvolvimento de produtos elétricos voltados para a construção civil seja um processo minucioso de pesquisa gradual, com foco em países individuais. Sendo assim, o foco desse trabalho é direcionado ao estudo e desenvolvimento em protótipo de uma linha de tomadas e interruptores para comercialização no México. Para isso, foi realizado um estudo do padrão de tomadas utilizado no México e um levantamento das normas aplicáveis no país em questão. Além disso, foi feita uma pesquisa mercadológica entre os fabricantes locais e globais para selecionar os produtos a compor a linha, seguido da criação de modelos das peças no formato 3D por meio do programa SOLIDWORKS e a impressão dos protótipos através de uma impressora 3D para montagem física.

Abstract

Electrical sockets, plugs and switches are elements widely used in the civil construction industry. The manufacture of these products is based on a procedure called plastic injection, which requires a high level of investment in machinery, mainly because of the injection molds, which are complex parts, essential to the process and particular to each product. This fact represents a difficulty in the process of internationalization of manufacturers of electrical equipment for civil construction, considering that there is no standard applied at a global level for the types of sockets and plugs. The International Electrotechnical Commission (IEC) has recorded the existence of 15 different socket standards around the world, and such a variety requires that the development of electrical products aimed at building industry is a painstaking process of gradual research, focusing on individual countries. Therefore, the focus of this work is directed to the study and prototype development of a line of sockets and switches for commercialization in Mexico. To this end, a study of the socket standard used in Mexico and a survey of applicable standards in the country in question were carried out. In addition, a market survey was carried out among local and global manufacturers to select the products to compose the line, followed by the modeling of the parts in 3D format using the SOLIDWORKS software and the using of a 3D printer for physical assembly of the parts.

Sumário

1	Introdução.....	11
1.1	Objetivo geral	17
2	Referencial teórico	18
2.1	Instituição do padrão brasileiro de plugues e tomadas	18
2.1.1	Verificação Dimensional	20
2.1.2	Tração, torque e flexão	21
2.1.3	Resistência ao calor	22
2.1.4	Elevação de temperatura.....	23
2.1.5	Força necessária para retirar o plugue	24
2.1.6	Resistência de isolamento e tensão suportável	25
2.1.7	Resistência do material isolante ao calor anormal ao fogo e ao trilhamento.....	26
2.1.8	Funcionamento normal	27
2.2	Padrão “B” de tomadas.....	27
2.3	Levantamento de normas.....	30
2.3.1	NOM-003-SCFI.....	31
2.3.2	UL 94.....	31
2.3.3	NMX-J-520-ANCE	33
3	Materiais e Métodos	35
3.1	Processo construtivo e desenvolvimento de protótipos.....	38
3.1.1	Tomada modular de 15 A	38
3.1.2	Tomada dupla retangular	39
3.1.3	Tomada dupla com USB e tomada com GFCI.....	41
3.1.4	Interruptor de 3 posições	41
3.1.5	Interruptor modular de 1 posição.....	42
4	Resultados e Discussão	43
5	Conclusão	47
	Referências Bibliográficas	48

Lista de Figuras

Figura 1 - Elementos do conjunto de tomadas e interruptores	11
Figura 2 - Tipos de módulos: Cigarra, Dimmer, USB e Interruptor	12
Figura 3 - Diagrama de uma injetora de plástico.....	13
Figura 4 - Padrões de plugues e tomadas	15
Figura 5 - Padrão brasileiro de tomadas conforme NBR-14136	19
Figura 6 - Estrutura de poço da tomada brasileira.....	20
Figura 7 - Realização do ensaio de verificação dimensional.....	21
Figura 8 - Marcação no condutor tracionado.....	21
Figura 9 - Dispositivo de esfera utilizado no ensaio de resistência ao calor	22
Figura 10 – Tomadas em curto para o ensaio de estabilidade térmica	24
Figura 11 - Conexão dos termopares na amostra	24
Figura 12 – À esquerda, plugue padrão, e à direita, pino calibrador.....	25
Figura 13 - Equipamento HIPOT	26
Figura 14 - Ensaio de fio incandescente.....	26
Figura 15 - Padrão NEMA de tomadas com lâmina reta.....	28
Figura 16 - Padrão NEMA de tomadas residenciais.....	29
Figura 17 - Classificação dos pinos do conector NEMA 5-15R	30
Figura 18 - Montagem com a tomada modular	43
Figura 19 - Sugestão de montagem para o conjunto	44
Figura 20 - Teste de montagem da tomada dupla.....	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Relação entre padrões de tomadas na América Latina.....	16
Tabela 2 - Especificações do ensaio de elevação de temperatura	23
Tabela 3 - Classificação de materiais segundo UL 94	32
Tabela 4 - Nomenclatura adotada.....	35
Tabela 5 - Pesquisa de portfólio mexicano.....	36
Tabela 6 - Produtos selecionados para o projeto	37
Tabela 7 - Projeto da tomada modular de uma posição.....	39
Tabela 8 – Projeto da tomada dupla com suporte.....	40
Tabela 9 – Projeto do interruptor de três posições	42
Tabela 10 - Conjuntos finalizados	46

1 Introdução

A tomada elétrica é uma parte integrante do circuito elétrico, de alta ou baixa tensão, em uso residencial ou industrial. A tomada possui contatos projetados de maneira a receber os pinos de um plugue, além de possuir bornes para a conexão de condutores. O plugue, por sua vez, é um acessório do próprio equipamento e se conecta à rede por intermédio da tomada [1]. O dimensionamento desses dispositivos depende de dois principais fatores: a corrente e a tensão da rede a qual serão submetidas.

Já o interruptor controla a passagem de energia elétrica e pode ser encontrado em diferentes aplicações. Em construção civil, os interruptores são utilizados com o objetivo principal de apagar e acender lâmpadas, o que os tornam necessários em todos os ambientes.

No Brasil, as tomadas e interruptores residenciais são instalados em caixas de passagem de 4x2” e 4x4” que são embutidas tanto em paredes de alvenaria quanto em paredes secas (*dry wall*). As dimensões das caixas são padronizadas pela norma “ABNT NBR-5431 – Caixas e invólucros para acessórios eletrônicos para instalações elétricas fixas domésticas e análogas – Dimensões”. De acordo com a especificação da norma, a distância mínima entre os pontos de fixação de uma caixa 4x2” que permite o encaixe dos módulos é de 75 mm. Logo, os fabricantes devem desenvolver peças que estejam adequadas às dimensões estabelecidas. [2]

Ao realizar uma pesquisa mercadológica entre comerciantes brasileiros, nota-se que a estrutura completa de uma tomada ou interruptor conta geralmente com o suporte, espelho (ou placa) e o módulo, conforme referenciados na Figura 1.

Figura 1 - Elementos do conjunto de tomadas e interruptores



Fonte: Adaptação WEG S.A

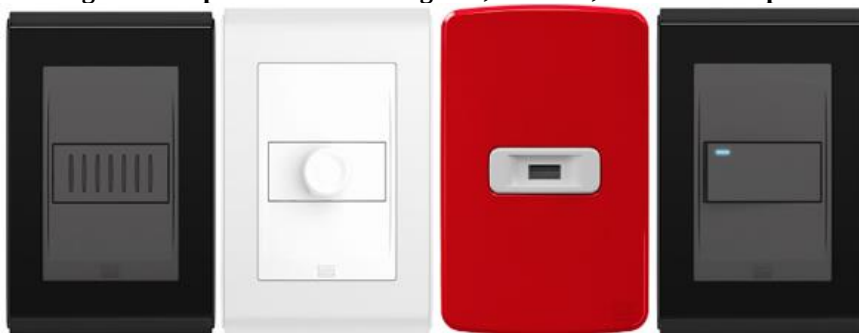
O suporte é a base que se fixa por meio de parafusos diretamente na caixa de passagem instalada na parede e é onde os módulos são encaixados. Os módulos são as teclas ou tomadas

que carregam a funcionalidade desejada pelo consumidor final. Na Figura 1, são apresentados dois módulos – uma tomada e um interruptor. Já o espelho, ou placa, é o item que fica visível na instalação, cobrindo o suporte e carregando elementos estéticos diferenciados de maneira a realizar o acabamento.

Até então, não existe um padrão oficial para o tamanho do módulo, entretanto, a norma “ABNT NBR 14136 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização” especifica as dimensões que os plugues e tomadas, comercializados em território brasileiro, devem possuir. Este fato unido às dimensões da caixa de passagem faz com que seja convencional entre os fabricantes que um módulo único tenha, em média, 22 mm de largura.

A estrutura modular permite que sejam realizadas combinações entre uma peça e outra para utilização conforme a necessidade pessoal. Existem diversos módulos que podem ser encaixados em um mesmo conjunto, como carregadores USB, conectores para cabos de TV e internet, *dimmers*, entre outros, como ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Tipos de módulos: Cigarra, Dimmer, USB e Interruptor



Fonte: Adaptação WEG S.A

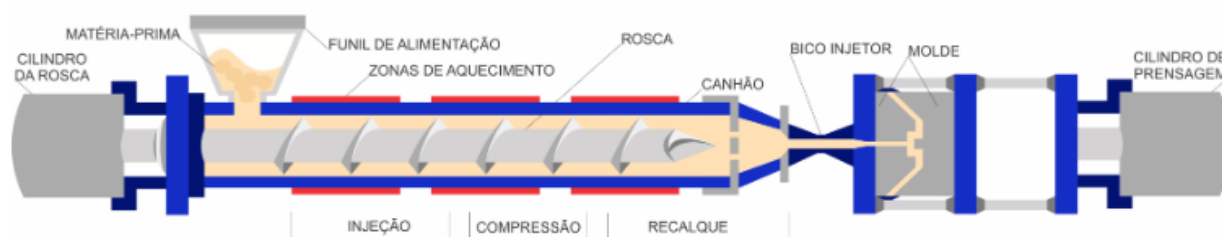
Além disso, existem conjuntos que são montados sem a utilização do suporte. Nesse caso, os módulos são encaixados diretamente na placa de acabamento e esta é parafusada na caixa de passagem. Entretanto, de maneira a manter essa estrutura, os parafusos de fixação do conjunto à caixa de passagem se tornam aparentes na placa externa.

A fabricação dos elementos que compõem um conjunto de tomadas e interruptores é feita com base no aquecimento de resina plástica, um material sintético produzido a partir da união de moléculas em cadeias poliméricas, de maneira a moldar seu estado físico em um processo denominado injeção plástica.

As resinas mais utilizadas nesse processo são as termoplásticas. Esse tipo de material, quando aquecido, torna-se fluido e permite que as cadeias poliméricas deslizem umas sobre as outras no processo de moldagem e, ao ser resfriado, o material enrijece. Esse procedimento pode ocorrer repetidas vezes sem que haja alterações na estrutura química da resina, o que permite a reciclagem e reutilização do termoplástico. [3]

Cada resina plástica possui características que influenciam o comportamento da peça em seu estado final, logo, a escolha da matéria prima é um importante passo no desenvolvimento de produtos. A Figura 3 apresenta um esquemático de uma injetora de plásticos.

Figura 3 - Diagrama de uma injetora de plástico



Fonte: Sulplast

O molde de injeção de plástico é a ferramenta onde o polímero fundido é forçado a dar a forma da peça final e é um dos principais componentes do processo de fabricação de produtos plásticos. São elementos robustos que possuem duas metades e são particulares de cada projeto, feitos geralmente de aço endurecido ou de alumínio, e possuem alto custo de fabricação. Um molde de injeção pode possuir múltiplas cavidades que são usinadas com a precisão e complexidade necessárias para formar a peça desejada [4].

A primeira etapa do processo de injeção consiste na alimentação da máquina com a matéria-prima. A resina plástica é colocada no funil de alimentação em seu estado sólido, no formato de pequenos pedaços plásticos, denominados *pellets*, esta é aquecida no canhão da máquina injetora, dando início à fusão e se transformando em um elemento plástico flexível.

Em seguida, as duas metades do molde permanecem presas pelo cilindro de prensagem para que o material seja transportado até ele através da pressão de um êmbolo, o bico injetor preenche a cavidade vazia para que o material tome a forma desejada durante o desenvolvimento do projeto.

Logo após este processo, a peça é resfriada dentro do molde com o intuito de se solidificar e não sofrer mais deformações. Em seguida, ocorre a abertura da cavidade do molde e é realizada a extração da peça, através de pinos extratores presentes na própria máquina injetora.

Deformações na peça acarretadas por conta de contração volumétrica, rebarbas ou defeitos de encaixe são situações que podem ocorrer durante o processo de injeção e que devem ser previstas no decorrer do desenvolvimento do produto, visto que podem ser evitadas a partir de testes realizados em protótipos, análises de espessura e simulações de preenchimento da peça via *software*.

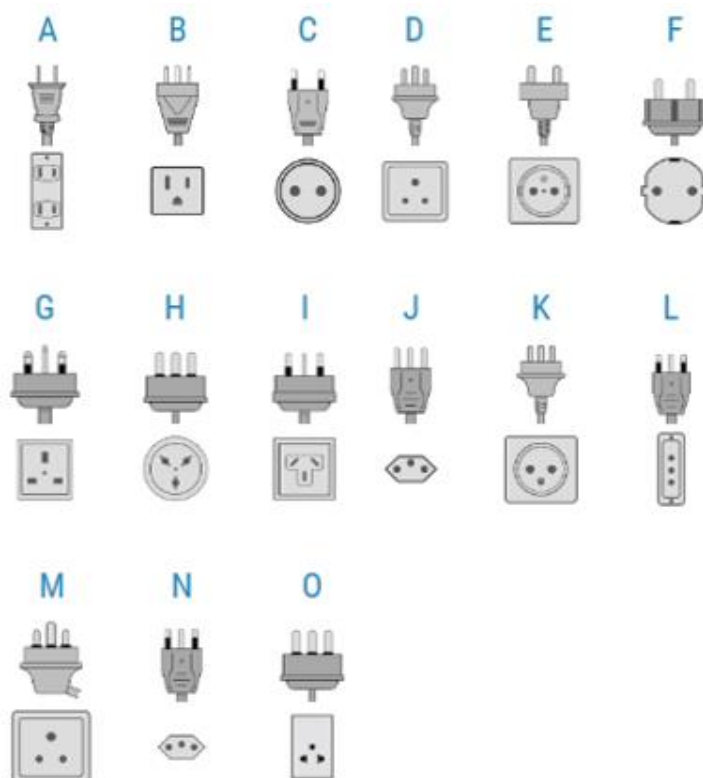
O alto investimento requerido em moldes de injeção é um dos obstáculos no processo de internacionalização de empresas fabricantes de tomadas e interruptores, tendo em vista que, ainda hoje, não existe um único padrão de plugues e tomadas aplicado a nível global, o que faz com que cada padrão seja considerado um produto individual para fabricação.

De acordo com a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), existem pelo menos 15 tipos diferentes de tomadas, identificados pelas letras de A a O [5]. Entretanto, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) registrou 110 padrões diferentes de tomadas espalhados pelo mundo [6]. Tal divergência torna o debate acerca da padronização internacional extenso e complexo.

No fim dos anos 1960, a IEC criou o primeiro padrão internacional para plugues e tomadas especificado através da norma “*IEC 60906-1 – IEC system of plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: Plugs and socket-outlets 16 A 250 V a.c.*” Entretanto, este padrão só foi adotado oficialmente por três países até os dias atuais: Suíça, Brasil e África do Sul.

Em âmbito global, a Figura 4 apresenta os padrões de tomadas registrados atualmente pela IEC. Entre esses modelos, o tipo N representa o padrão adotado no Brasil pela NBR-14136.

Figura 4 - Padrões de plugues e tomadas



Fonte: Adaptação IEC

O tipo J é o modelo adotado pela Suíça e, apesar de também ser baseado na IEC 60906, existe uma mudança na posição do condutor de aterramento em relação aos demais pinos, fato que o diferencia do tipo N.

Nota-se que a existência de tantos padrões é um dificultador para fabricantes de tomadas e interruptores brasileiros adentrarem no mercado externo, visto que tamanha variedade exige um alto investimento por parte da empresa para maior abrangência do mercado.

Sendo assim, do ponto de vista de uma empresa brasileira fabricante de componentes elétricos para construção civil, o primeiro passo para internacionalização de produtos é realizar um estudo preliminar do mercado consumidor externo a fim de obter maiores informações a respeito do público-alvo. Esse estudo se mostra importante, pois, além de haver a diferença em aspectos construtivos do produto, existe ainda a influência cultural no conceito estético desses.

A Tabela 1 apresenta uma relação entre os padrões de tomadas encontrados nos países da América Latina. Além disso, são apresentados os dados da população de cada país a fim de mensurar, inicialmente, o tamanho do mercado consumidor.

Tabela 1 - Relação entre padrões de tomadas na América Latina

País	População (Milhões)	Tipos de tomadas encontradas
Brasil	214,32	C/N
México	126,70	A/B
Colômbia	51,51	A/B
Argentina	45,80	C/I
Peru	33,71	A/B/C
Venezuela	28,19	A/B
Chile	19,49	C/L
Equador	17,79	A/B
Guatemala	17,10	A/B
Bolívia	12,07	A/C
Cuba	11,25	A/B
Haiti	11,44	A/B
República Dominicana	11,11	A/B
Honduras	10,27	A/B
Nicarágua	6,85	A/B
Paraguai	6,70	C
El Salvador	6,31	A/B
Costa Rica	5,15	A/B
Panamá	4,35	A/B
Uruguai	3,42	C/F/L
Guiana	0,80	A/B/D/G
Suriname	0,61	C/F

Fonte: Adaptação IBGE/IEC

Ao analisar a tabela, nota-se que os tipos A e B são os padrões mais utilizados entre os países em questão, conhecido popularmente como padrão americano de tomadas.

No cenário de desenvolvimento de produtos, a ampla variedade de padrões presentes no mundo torna a pesquisa de mercado um trabalho complexo, logo, busca-se realizar estudos graduais para a entrada parcial no mercado internacional, de maneira a desenvolver linhas de produtos com focos em países individuais para, posteriormente, realizar a expansão do trabalho para os demais países.

Isto posto, o trabalho em questão será direcionado ao estudo e desenvolvimento de uma linha de tomadas e interruptores com o público-alvo situado no México. O país base do estudo foi escolhido de maneira estratégica, pois, além de ser o país com maior número de habitantes, o que representa um mercado consumidor maior, as tomadas utilizadas são do tipo A/B, que é o padrão mais encontrado na América Latina.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta em protótipo para uma linha brasileira de tomadas e interruptores que atenda o mercado mexicano.

Dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Estudar o padrão de tomadas utilizado no México;
- Realizar um levantamento de normas aplicáveis;
- Identificar os componentes elétricos mais consumidos no México;
- Selecionar os produtos que irão compor a linha proposta;
- Identificar os aspectos construtivos dos produtos selecionados;
- Desenvolver protótipos.

2 Referencial teórico

2.1 Instituição do padrão brasileiro de plugues e tomadas

A IEC foi fundada em 1906 em Londres como um meio de padronização de terminologias, unidades de medição e classificações de elementos elétricos e eletrônicos, para que pesquisadores possuíssem uma plataforma comum para o desenvolvimento de novas tecnologias [7]. No Brasil, o órgão responsável pelas edições de tais normas técnicas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Antes da criação do padrão brasileiro de plugues e tomadas pela ABNT, foram registrados pelo Inmetro cerca de 12 tipos de plugues e tomadas elétricas diferentes em todo o território nacional. Isso acontecia porque cada fabricante de equipamentos elétricos exportava seus produtos segundo a norma do país de origem da marca, e não do país de destino. Dessa forma, ao comprar um eletrodoméstico, os usuários deveriam utilizar adaptadores para que o plugue adquirido encaixasse nas tomadas de suas residências, aumentando as chances de choques elétricos, incêndios e problemas na rede elétrica [8].

Dessa forma, com o objetivo de garantir a segurança do consumidor, foi publicada em 1998 a norma “ABNT NBR-14136 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização”, que trouxe para o Brasil um padrão de tomadas baseado na norma internacional IEC 60906-1 [9].

A escolha desse padrão foi realizada considerando três principais critérios, de acordo com dados adaptados da ABNT: segurança, adaptabilidade e custo. O processo de transição gerado pela padronização foi extenso, visto que houve grande resistência da população e das empresas fabricantes, e o padrão de tomadas brasileiro só foi se tornar uma exigência do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro) em 2011.

Em 21 de julho de 2000, o Inmetro publicou a Portaria nº185, que instituiu a certificação compulsória dos plugues e tomadas fabricados e comercializados em território nacional, em atendimento à norma ABNT NBR-14136, a partir de 1º de janeiro de 2006 [10].

As certificações compulsórias, de acordo com o Inmetro, estabelecem que determinado produto só pode ser fabricado e comercializado mediante certificação. Neste contexto, as portarias do Inmetro especificam os requisitos obrigatórios a serem seguidos pelas empresas fabricantes [11].

Em 2006, a Resolução Conmetro nº11/2006 estabeleceu que os fabricantes e importadores teriam até 1º de janeiro de 2009 para se adaptarem à norma vigente [12]. No ano seguinte, o Inmetro estabeleceu através da Portaria nº324 de 21 de agosto de 2007 a certificação compulsória para adaptadores a partir de 1º de janeiro de 2009 [13].

Por fim, os últimos prazos para a adequação ao padrão nacional de plugues e tomadas foi estabelecido pela Resolução Conmetro nº08 de 2009, que instituiu a proibição da fabricação e importação de aparelhos eletroeletrônicos fora do padrão brasileiro, e em 1º de julho de 2011 foi proibida a comercialização desses itens, completando-se a transição [14].

O padrão estabelecido pela NBR-14136 convencionou o uso de apenas duas configurações de tomadas: com três orifícios de 4,3 mm para 10 A e três orifícios de 5 mm para 20 A. Os plugues, por sua vez, podem ter dois ou três pinos redondos que possuem 4 mm para 10 A e 4,8 mm para 20 A.

A adição do pino de aterramento elétrico, ou pino terra, conforme mostrado na Figura 5, foi pensada visando a segurança contra curto-circuito. Tal exigência se encontra alinhada com a Lei nº12.119 de 2009, que prevê em seu Art. 2º que: “Os aparelhos elétricos e eletrônicos, com carcaça metálica comercializados no País, enquadrados na classe I, em conformidade com as normas técnicas brasileiras pertinentes, deverão dispor de condutor terra de proteção e do respectivo plugue, também definido em conformidade com as normas técnicas brasileiras”.

A norma “IEC 6114 - Protection against electric shock — Common aspects for installation and equipment” especifica que os equipamentos elétricos de Classe I devem ser conectados à terra utilizando um condutor de proteção. Dessa maneira, havendo o aterramento adequado instalado na residência, o consumidor se mantém seguro ao utilizar equipamentos eletroeletrônicos.

Figura 5 - Padrão brasileiro de tomadas conforme NBR-14136

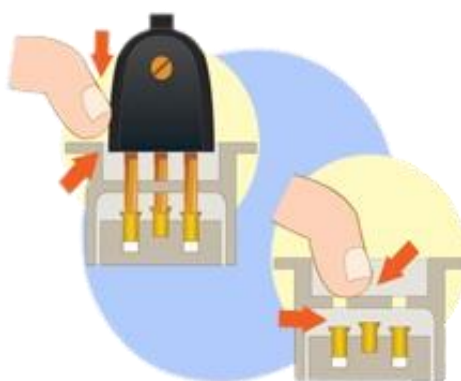


Fonte: Adaptação WEG S.A

Contudo, aparelhos de Classe II como secadores de cabelo ou liquidificadores podem ser ligados à rede através de plugues de dois pinos. Essa classificação se diz respeito a equipamentos que possuem dupla isolamento, logo, não necessitam da conexão de aterramento e nem dependem da condição da instalação onde serão utilizados [15].

Além disso, o formato da tomada estabelecido pela NBR-14136 exige que seus contatos estejam rebaixados em relação à superfície em uma estrutura em formato de poço. O encaixe do plugue é guiado pelas paredes da tomada e realizado na parte interna, a fim de evitar o contato direto dos dedos com os pinos do plugue, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Estrutura de poço da tomada brasileira



Fonte: Adaptação Inmetro

De modo a manter a integridade do consumidor final e do meio ambiente, o Inmetro emitiu em 2022 a atualização de Portarias estabelecendo a certificação compulsória de produtos elétricos utilizados em construção civil. Para a obtenção da certificação, os fabricantes de plugues, tomadas e interruptores devem realizar os ensaios estipulados pela Portaria de adaptadores nº9 de 17 de janeiro de 2022, a Portaria de interruptores nº28 de 21 de janeiro de 2022 e a Portaria de plugues e tomadas nº90 de 09 de março de 2022.

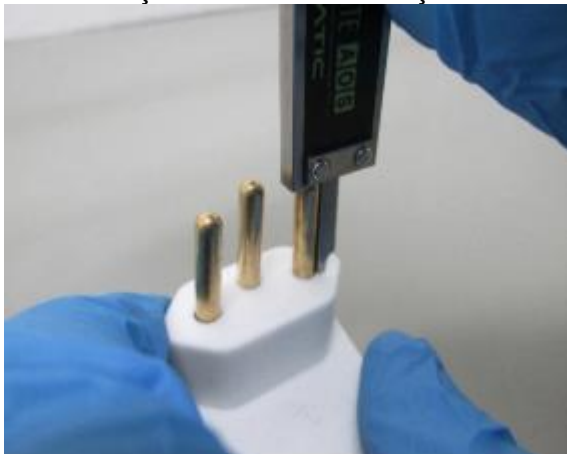
Dessa forma, é de responsabilidade do fabricante realizar os ensaios de rotina conforme mencionados a seguir.

2.1.1 Verificação Dimensional

O ensaio de verificação dimensional de plugues e tomadas é realizado para que não haja incompatibilidade entre fabricantes nacionais, além de ser um fator de garantia da segurança dimensional estabelecida pela norma NBR-14136.

Neste ensaio são utilizados instrumentos de medição, como o paquímetro, para inspecionar as dimensões de plugues e tomadas, considerando suas respectivas tolerâncias, conforme norma NBR-14136. A Figura 7 apresenta a realização do ensaio em um plugue.

Figura 7 - Realização do ensaio de verificação dimensional



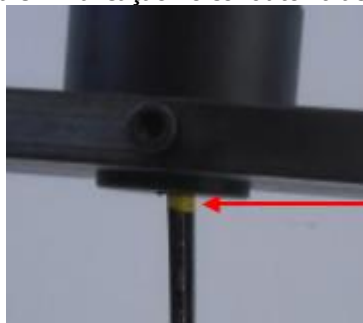
Fonte: Autoria própria

2.1.2 Tração, torque e flexão

O ensaio de tração, torque e flexão é realizado em plugues e tomadas móveis, ou seja, elementos que possuem cabos de ligação. O ensaio é realizado para garantir ao usuário final que o equipamento possui a resistência necessária em seus cabos de ligação para suportar os esforços mecânicos decorrentes da utilização normal.

Para isso, a amostra é colocada em um dispositivo de tração conforme indicado pela norma ABNT NBR NM 60884-1, com os condutores posicionados na vertical. Em seguida são aplicados 100 esforços de tração com duração de 1 segundo cada e força de 100 N. Logo, são realizadas marcações nos condutores próximas à extremidade do dispositivo, com os condutores ainda tracionados, como mostrado na Figura 8 a seguir.

Figura 8 - Marcação no condutor tracionado



Fonte: Autoria própria

Para o ensaio de torque, é utilizado um dispositivo denominado torquímetro para aplicar o torque nos condutores durante 60 segundos. Para plugues e tomadas móveis com corrente superior a 16 A, o torque aplicado é de 0,42 Nm. Caso contrário, o torque aplicado deve ser de 0,25 Nm.

Ao fim do procedimento, o deslocamento dos condutores não deve ser superior ao valor máximo definido de 2 mm, e os condutores não devem ter se deslocado sensivelmente dos terminais.

2.1.3 Resistência ao calor

Durante a utilização de equipamentos com correntes elevadas, os polímeros usados para fabricação de plugues, tomadas e interruptores são submetidos a variações de temperatura. O ensaio de resistência ao calor tem como objetivo certificar que a matéria-prima utilizada possa resistir temperaturas de até 125°C sem apresentar deformações que possam sinalizar riscos de segurança ao usuário final.

As amostras ensaiadas são mantidas durante 1 hora no interior de uma estufa a uma temperatura de 100 ± 2 °C e, durante o ensaio, não devem sofrer qualquer alteração que seja prejudicial à sua utilização, assim como não deve haver exposição de suas partes vivas.

Em seguida, é realizado o ensaio utilizando o dispositivo de esfera conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Dispositivo de esfera utilizado no ensaio de resistência ao calor



Fonte: Autoria própria

A amostra é posicionada na base do dispositivo como especificado na Figura 9 e é aplicada sobre ela uma força de 20 N. O ensaio é realizado a uma temperatura de 125 ± 2 °C durante uma hora e, após esse período, a amostra é resfriada por imersão em água fria durante

aproximadamente 10 segundos. Ao finalizar o procedimento, o diâmetro da impressão deixada pela esfera na amostra não deve ultrapassar 2 mm.

2.1.4 Elevação de temperatura

É necessária a realização do ensaio de elevação de temperatura, pois as tomadas e interruptores devem ter a capacidade de suportar o calor gerado pela corrente extraída de suas respectivas cargas. Para a execução do ensaio, utiliza-se uma fonte de corrente para submeter a amostra à corrente de ensaio, conforme Tabela 2. Esse procedimento é realizado durante 1 hora para que ocorra a estabilidade térmica e, após esse período, conta-se mais 1 hora decorrente do tempo do ensaio.

Tabela 2 - Especificações do ensaio de elevação de temperatura

Tipo de amostra	Corrente de ensaio	Tempo de ensaio
Plugues, tomadas e adaptadores fixos – 10A	16A	1h
Plugues, tomadas e adaptadores móveis – 10A	14A	
Plugues, tomadas e adaptadores fixos – 20A	27,5A	
Plugues, tomadas e adaptadores móveis – 20A	25A	
Interruptor – 10A	13,5A	

Fonte: ABNT NBR NM 60884-1

Os plugues são ensaiados de duas maneiras, conectados a tomadas em curto fixadas em caixas de embutir, como apresenta a Figura 10. Em um modo faz-se circular a corrente de ensaio entre o contato terra e o contato fase, e no modo seguinte entre o contato neutro e o contato fase.

Figura 10 – Tomadas em curto para o ensaio de estabilidade térmica



Fonte: Autoria própria

São conectados termopares nos terminais das amostras ensaiadas de maneira a estabelecer o contato direto entre o termopar e o terminal, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 - Conexão dos termopares na amostra



Fonte: Autoria própria

A elevação de temperatura nos terminais da amostra deve ser inferior a 45°C de delta (sendo $\Delta = \text{Temperatura Ensaio} - \text{Temperatura Ambiente}$). Esse resultado é obtido utilizando a temperatura máxima obtida durante o ensaio e subtraindo a temperatura ambiente.

2.1.5 Força necessária para retirar o plugue

O ensaio de força necessária para retirar o plugue é realizado para certificar que os contatos internos das tomadas possuem a resistência mecânica necessária para suportar a pressão dos pinos dos plugues, de maneira a evitar aquecimento excessivo e deformações, que possam levar até mesmo a um curto-circuito.

Para o ensaio de força máxima, é utilizado um dispositivo onde a amostra é posicionada com os eixos das tomadas na posição vertical e os orifícios de entrada do plugue voltados para

baixo. Em seguida, o plugue padrão como apresentado na parte esquerda da Figura 12 é inserido na tomada e conectado à uma bandeja, onde são posicionados pesos equivalentes à força máxima definida (40N para tomadas e adaptadores de até 10A e 50N para tomadas e adaptadores de 10A a 20A).

Caso o plugue não se desprenda da amostra com a força aplicada, é necessário utilizar um peso suplementar de 200g. Após a inserção do peso suplementar, o plugue não deve permanecer conectado à amostra.

Figura 12 – À esquerda, plugue padrão, e à direita, pino calibrador



Fonte: Autoria própria

Para realizar o ensaio de força mínima, a amostra é posicionada com os orifícios de entrada do plugue voltados para baixo e é feita a inserção do pino calibrador mostrado na direita da Figura 12. O procedimento é realizado em cada contato da tomada individualmente, sendo que o pino calibrador é mantido em posição durante 30 segundos e não deve se soltar do orifício durante o período do ensaio.

2.1.6 Resistência de isolamento e tensão suportável

O ensaio de resistência de isolamento e tensão suportável é realizado para assegurar que os polímeros usados na fabricação de plugues, tomadas e interruptores possuam a resistência ôhmica de isolamento elétrica necessária para que o consumidor final não seja exposto a níveis de tensão que possam ocasionar acidentes.

O procedimento do ensaio requer o auxílio de um equipamento denominado HIPOT, que vem do inglês *High Potential* (Alto Potencial em português) como mostra a Figura 13. Os terminais da amostra são conectados aos terminais do HIPOT, que aplica determinada tensão na amostra enquanto monitora a corrente que percorre o dispositivo de maneira precisa, na ordem dos microampères.

Figura 13 - Equipamento HIPOT

Fonte: Entran Equipamentos

O resultado do ensaio requer que a matéria-prima utilizada na fabricação de tomadas e interruptores seja capaz de suportar uma tensão de até 2kV sem que haja a condução de corrente elétrica.

2.1.7 Resistência do material isolante ao calor anormal ao fogo e ao trilhamento

O ensaio de resistência do material isolante ao calor anormal ao fogo e ao trilhamento é geralmente denominado de *Glow Wire*, ou ensaio de fio incandescente. É utilizado um equipamento que simula os efeitos produzidos por fontes de calor com o auxílio de componentes energizados eletricamente.

A amostra é posicionada no suporte e aproximada de um fio incandescente, conforme apresenta a Figura 14. Também é colocado um papel de seda em cima de uma placa de madeira localizada abaixo da amostra.

Figura 14 - Ensaio de fio incandescente

Fonte: SOMEH Engenharia

O fio incandescente é aplicado no local da amostra mais suscetível ao estresse térmico e, para que não haja influência da radiação de calor do filamento com a amostra, é necessário garantir uma distância mínima de 5cm de espaçamento entre os elementos após o ensaio.

Para a aprovação da amostra, as chamas devem se extinguir dentro de 30s após a retirada do fio incandescente. Além disso, o papel de seda posicionado abaixo da amostra não deve se inflamar e a placa de madeira não deve apresentar danos decorrentes do fogo.

2.1.8 Funcionamento normal

O ensaio de funcionamento normal certifica que as tomadas e interruptores possuem durabilidade mecânica e elétrica adequadas de maneira a atender a demanda de utilização do consumidor final.

Para tomadas, as amostras são posicionadas em um dispositivo onde são realizadas manobras de inserção e retirada de plugues energizados durante 5.000 ciclos. Após o ensaio, a amostra não deve apresentar danos que possam impedir o seu uso posterior, como deterioração dos orifícios de entrada dos pinos e folgas nas ligações elétricas ou mecânicas.

O ensaio de funcionamento normal de interruptores ocorre de maneira análoga, as amostras são instaladas em um dispositivo de teste e são realizados 20.000 acionamentos. No decorrer do ensaio, as peças não devem apresentar falhas de continuidade.

2.2 Padrão “B” de tomadas

Os conectores do tipo B foram desenvolvidos nos Estados Unidos por uma associação comercial de fabricantes de equipamentos elétricos denominada *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) e possui suas características especificadas a partir da norma “ANSI/NEMA WD 6: *Wiring Devices – Dimensional Specifications*”. O padrão de conectores NEMA compreende correntes de 15 A a 60 A e tensões de até 600 V e é utilizado na América do Norte, América Central, América do Sul e na Ásia [16].

A Figura 15 apresenta alguns exemplos de plugues e tomadas do tipo NEMA existentes com conectores de lâmina reta.

Figura 15 - Padrão NEMA de tomadas com lâmina reta

VOLTAGE	NEMA	15 AMPERE		20 AMPERE		30 AMPERE		50 AMPERE		60 AMPERE	
		RECEPTACLE	PLUG	RECEPTACLE	PLUG	RECEPTACLE	PLUG	RECEPTACLE	PLUG	RECEPTACLE	PLUG
125V	1										
		1-15R	1-15P		1-20P		1-30P				
250V	2										
			2-15P	2-20R	2-20P	2-30R	2-30P				
125V	5										
		5-15R	5-15P	5-20R	5-20P	5-30R	5-30P	5-50R	5-50P		
250V	6										
		6-15R	6-15P	6-20R	6-20P	6-30R	6-30P	6-50R	6-50P		
277V	7										
		7-15R	7-15P	7-20R	7-20P	7-30R	7-30P	7-50R	7-50P		
125/ 250V	10										
				10-20R	10-20P	10-30R	10-30P	10-50R	10-50P		
3Ø250V	11										
		11-15R	11-15P	11-20R	11-20P	11-30R	11-30P	11-50R	11-50P		
125/ 250V	14										
		14-15R	14-15P	14-20R	14-20P	14-30R	14-30P	14-50R	14-50P	14-60R	14-60P
3Ø250V	15										
		15-15R	15-15P	15-20R	15-20P	15-30R	15-30P	15-50R	15-50P	15-60R	15-60P
3ØY 120/208V	18										
		18-15R	18-15P	18-20R	18-20P	18-30R	18-30P	18-50R	18-50P	18-60R	18-60P

Fonte: Americord

Observa-se na Figura 15 que este padrão de conector possui diferentes características construtivas conforme suas especificações técnicas de corrente e tensão, o que permite que sejam utilizados plugues não intercambiáveis, ou seja, exclusivos para cada aplicação. Dessa forma, evita-se que equipamentos com diferentes capacidades de carga sejam inseridos erroneamente nos receptáculos das tomadas em uma forma de prevenção de acidentes e de manutenção da integridade do próprio equipamento.

Para identificação dos conectores NEMA é utilizado um código alfanumérico separado por um hífen. Tomando como exemplo o conector “NEMA L5-15R”, seu código pode ser interpretado conforme a seguinte lógica [17]:

a) Prefixo

Dita qual a classificação básica do conector NEMA. Se não houver prefixo, o conector é classificado como normal, com lâmina reta. Se houver o prefixo “L”, o conector possui travamento por torção em lâminas curvas.

b) Numeral (antes do hífen)

O numeral antes do hífen representa a classificação NEMA e pode variar de 1 a 26. Esse número dita o número de polos, os fios conectados a eles, a tensão e a alimentação (monofásica ou trifásica).

c) Numeral (depois do hífen)

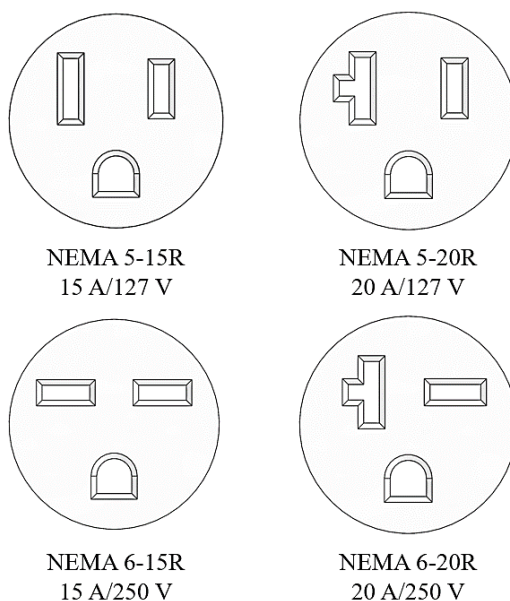
O numeral depois do hífen representa a corrente do dispositivo em Amperes.

d) Sufixo

Por último, é possível que haja dois tipos de sufixo para classificar o conector NEMA. A letra “R” é utilizada para receptáculos e a letra “P” é utilizada para plugues.

Sendo assim, o conector NEMA L5-15R usado como exemplo possui as lâminas curvas, é aplicado a 125V, possui corrente nominal de 15A e é um receptáculo (tomada). Apesar de haver diversas variações de conectores do tipo NEMA, para residências, os principais modelos utilizados são apresentados na Figura 16.

Figura 16 - Padrão NEMA de tomadas residenciais

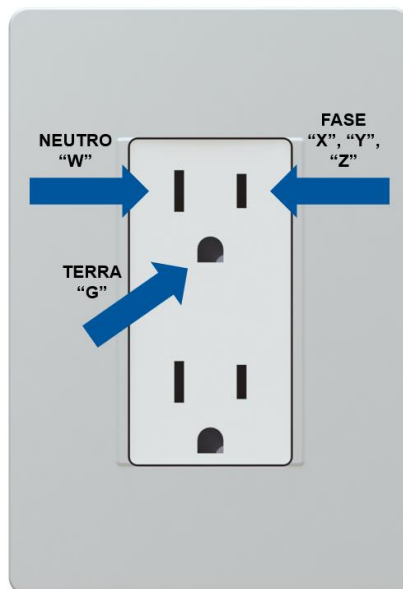


Fonte: Autoria própria

O padrão de tomada NEMA 5-15R, além de encontrado nos Estados Unidos, está sob normas nacionais no Canadá (CSA C22.2 No. 42), México (NMX-J-163-ANCE) e Japão (JIS C 8303).

Além da nomenclatura, os pinos do conector possuem um padrão para identificação. O condutor de aterramento é identificado pela letra “G”, do inglês *ground*. A letra “W” representa o condutor neutro, do inglês *White*, que é a cor padrão para o condutor neutro. Os condutores fase são representados pelas letras “X”, “Y” e “Z” que, em inglês, são chamados de *hot* [16]. A Figura 17 a seguir mostra a identificação dos condutores em uma tomada do tipo NEMA 5-15R.

Figura 17 - Classificação dos pinos do conector NEMA 5-15R



Fonte: Autoria própria

2.3 Levantamento de normas

Após definir que o produto desenvolvido atende o mercado consumidor do México, torna-se necessário realizar um estudo das normas e certificações necessárias para a comercialização de tomadas e interruptores no país em questão, conforme mencionadas a seguir.

2.3.1 NOM-003-SCFI

As Normas Oficiais Mexicanas (NOMs) são regulamentos técnicos de caráter obrigatório e são emitidos por órgãos normativos situados em território mexicano. A norma “*NOM-003-SCFI - Productos eléctricos - Especificaciones de seguridad*” é o padrão normativo utilizado no México para a obtenção da marca NOM para produtos elétricos de diferentes aplicações.

A estrutura da NOM-003-SCFI consiste na listagem de múltiplas normas específicas de diferentes produtos. Seu objetivo é compilar tais normas, de maneira a tornar obrigatório seu cumprimento [18].

As normas contempladas pela NOM-003-SCFI são:

- *NMX-J-005-ANCE – Interruptores de uso general para instalaciones electricas fijas – Especificaciones generales y métodos de prueba*
- *NMX-J-412-ANCE - Clavijas y receptaculos – Especificaciones y métodos de prueba generales*
- *NMX-J-412/2-1-ANCE – Clavijas – Especificaciones y métodos de prueba*
- *NMX-J-412/2-2-ANCE – Receptaculos – Especificaciones y métodos de prueba*

2.3.2 UL 94

A UL 94, denominada *Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances* diz respeito a norma padrão para ensaios de flamabilidade em materiais plásticos, mantida e atualizada pelo *Underwriters Laboratories*, uma organização fundada em 1894 nos Estados Unidos especializada em certificações, testes e inspeções de segurança. Embora a certificação UL seja voluntária, é um padrão de qualidade globalmente reconhecido e que auxilia a estabelecer uma maior presença no mercado pelo fabricante [19].

O ensaio de flamabilidade realizado a partir da UL 94 tem o objetivo de avaliar o comportamento dos materiais, em sua maior parte plásticos, perante o fogo e, além de determinar a taxa de queima, realiza a classificação do polímero em categorias estabelecidas de acordo com os padrões do ensaio. Os métodos de ensaio estabelecidos pela UL 94 simulam condições reais de incêndio e podem ser realizados com orientação vertical e horizontal.

O teste de queima vertical determina a resistência do material ao ser exposto a uma chama aberta, ou seja, a rapidez com que este material queima. Por outro lado, o teste de queima horizontal realiza a medição da propagação das chamas sobre a superfície do material.

O procedimento dos testes consiste em colocar amostras do material a ser avaliado em um suporte e expô-las a uma fonte de ignição de chama por um período pré-determinado de tempo. No caso do teste de queima horizontal, a chama é aplicada apenas uma vez, entretanto, em outras configurações de teste a chama é aplicada pelo menos duas vezes. Diante disso, o comportamento do material é observado e avaliado a partir de critérios como: taxa de propagação da chama, extensão da chama e a duração da queima após a remoção da fonte da chama.

A partir desses dados o material é classificado conforme o critério estabelecido na norma, que inclui uma taxa mínima de queima e um tempo máximo de pós-incandescência. Para o teste de queima vertical, os materiais são classificados em V-0, V-1 e V-2, conforme apresentado na Tabela 3. Além do tempo de queima, também é avaliado se o material testado gotejou partículas flamejantes em um indicador de algodão localizado abaixo da amostra.

Tabela 3 - Classificação de materiais segundo UL 94

Crítérios avaliados	V-0	V-1	V-2
Tempo pós-chama para cada amostra individual (t1 ou t2)	≤ 10s	≤ 30s	≤ 30s
Tempo total de pós-chama para qualquer condição definida (t1+t2 para todas as amostras)	≤ 50s	≤ 250s	≤ 250s
Tempo pós-chama mais pós-incandescência para cada amostra individual após a aplicação da segunda chama (t2+t3)	≤ 30s	≤ 60s	≤ 60s
Pós-chama ou pós-incandescência de qualquer amostra até a braçadeira de retenção	Não	Não	Não
Indicador de algodão inflamado por partículas flamejantes ou gotejamento	Não	Não	Sim

Fonte: Adaptação UL 94

Além disso, existe a classificação HB, que indica que o material foi testado em posição horizontal e tem como objetivo classificar se um material é ou não autoextinguível [20].

2.3.3 NMX-J-520-ANCE

A norma “*NMX-J-520-ANCE – Interruptores de circuito por falla a tierra - Especificaciones y métodos de prueba*” é uma norma mexicana desenvolvida juntamente com órgãos dos Estados Unidos e Canadá. A norma trata dos aspectos construtivos e dos ensaios a serem realizados nos dispositivos intitulados *Ground Fault Circuit Interrupter*, ou GFCI.

O GFCI é um interruptor de circuito por falha de aterramento. É um dispositivo capaz de ser integrado em tomadas monobloco e é utilizado para detectar desequilíbrios no fluxo de corrente elétrica entre o fio fase e o fio neutro.

Caso haja um desequilíbrio de 6 mA ou mais, a tomada GFCI causa a interrupção da corrente elétrica, evitando que haja sua transferência da fonte para elementos externos, seja pessoas ou equipamentos. Logo, esse tipo de tomada é utilizado em áreas onde existe o maior risco de haver o choque elétrico, como cozinhas, banheiros, lavanderias, que são locais onde há umidade e o uso de dispositivos específicos, conforme especificado pelo artigo 210-8 da Norma Oficial Mexicana para Instalações elétricas NOM 001 SEDE 2012.

De acordo com a NMX-J-520-ANCE, devem ser realizados ensaios de surto elétrico, onde será possível identificar falhas de isolamento no dispositivo. Durante o ensaio, o dispositivo não poderá disparar ao ser submetido a dez aplicações aleatórias de surto, ou três aplicações controladas de 3 kV em um intervalo de 60 segundos. O gerador de surto deverá ter uma impedância de 50 Ω e deve conter o formato de onda conforme especificado pela norma.

Além disso, o dispositivo deve ser submetido a um ensaio de imunidade utilizando o método apresentado na norma “*IEC 61000-4-5 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4-5: Testing and Measurements Techniques – Surge Immunity Test*”. A norma mexicana especifica que, durante e ao final do ensaio, o produto não deve demonstrar:

- Emissão de partículas de chama, metal fundido, partículas incandescentes ou flamejantes através de quaisquer aberturas, sejam pré-existentes ou criadas como resultado do ensaio;
- Ignição da carcaça;

- Criação de qualquer abertura na carcaça que resulte em acessibilidade a partes energizadas.

Além disso, o dispositivo deve ser submetido ao ensaio de falha de aterramento de alta resistência. Pela norma, os dispositivos GFCI devem interromper o circuito elétrico até a carga conectada quando a corrente de falha à terra se encontra no intervalo de 6 mA até a corrente correspondente a 110% da tensão nominal em Volts dividido por 500, em mA.

Dessa forma, o procedimento do ensaio consiste em inserir o dispositivo em um circuito estabelecido onde será realizada a medição da corrente mínima e máxima do produto em modos de operação classificados pela norma. O comportamento avaliado no ensaio é o tempo necessário para o dispositivo interromper a corrente que chega até a carga, que deve obedecer a uma relação especificada [21].

3 *Materiais e Métodos*

O ramo de construção civil possui uma ampla gama de produtos a serem explorados. Além disso, a cultura de cada país gera uma influência no padrão dos produtos consumidos, não apenas na parte técnica, mas também na estética.

Sendo assim, após o estudo teórico, tornou-se viável realizar uma pesquisa de mercado para um aprendizado inicial dos tipos de produtos que são consumidos pelo mercado mexicano. Dessa maneira, foram selecionados fabricantes locais e globais em *home centers* mexicanos e foi feito um mapeamento de seus produtos em um processo denominado *benchmarking*.

O *benchmarking* é uma ferramenta de gestão de projetos que busca melhorar o desempenho da empresa através da pesquisa e avaliação de práticas adotadas por outras organizações atuantes no mesmo mercado. Para o trabalho em questão foi realizado o *benchmarking* competitivo, cujo objetivo é comparar de maneira direta o potencial da empresa em relação aos seus concorrentes [22].

Dessa forma, foram selecionados quatro fabricantes com presença constante nos locais de venda do México, sendo fabricantes locais e globais, e que poderiam ser tomados como referência no desenvolvimento da linha. Para fins comparativos, foi criada uma nomenclatura de modo a identificar os fabricantes. O fabricante é denominado a partir das letras A, B, C e D. Foram estudadas mais de uma linha de cada fabricante, logo, as linhas foram classificadas com os numerais de 1 a 12. Dessa forma, ao referenciar a Linha 1 do fabricante A, a nomenclatura utilizada é A1, conforme especificado na Tabela 3. Ao todo, foram estudadas 12 linhas distintas de produtos.

Tabela 4 - Nomenclatura adotada

Fabricante	A				B			C				D
Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nomenclatura	A1	A2	A3	A4	B5	B6	B7	C8	C9	C10	C11	D12

Fonte: Autoria própria

Os critérios utilizados na avaliação de produtos pelo *benchmarking* foram os diferentes padrões NEMA adotados para as tomadas, conforme as características de corrente e tensão, a forma construtiva e a aplicabilidade dos produtos. As informações obtidas através da pesquisa

foram compiladas no formato da Tabela 4, onde é possível visualizar que os elementos marcados com um “x” são os produtos que foram encontrados no portfólio dos fabricantes avaliados. Os itens vazios representam que os produtos não compõem a linha estudada.

Tabela 5 - Pesquisa de portfólio mexicano

Fabricante	A				B			C				D
Linha	A1	A2	A3	A4	B5	B6	B7	C8	C9	C10	C11	D12
Tomada modular 15 A/127 V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tomada modular 20 A/127 V			x									
Tomada modular 15 A/220 V	x	x		x	x				x	x		
Tomada modular 20 A/220 V		x										
Tomada dupla retangular 15 A/127 V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tomada dupla retangular 20 A/127 V			x		x							
Tomada dupla com USB					x			x	x	x	x	x
Tomada dupla com GFCI	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Interruptor de uma posição	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Interruptor de três posições		x		x							x	x

Fonte: Autoria própria

A lógica utilizada para selecionar os produtos a serem desenvolvidos durante o projeto teve como base a presença de cada item entre as linhas estudadas. Dispositivos como tomada de 15 A/127 V, tomada dupla retangular de 15 A/127V, tomada dupla com GFCI e interruptor de uma posição são itens que estão presentes em 100% das linhas pesquisadas, logo, foram considerados como essenciais ao projeto para manter a competitividade do mercado.

Entretanto, produtos como a tomada de 20 A/127 V, tomada de 20 A/220 V e tomada dupla retangular de 20 A não chegam a 20% de presença entre as linhas estudadas. Dessa forma, são produtos considerados não essenciais a primeiro momento.

Esses dados podem ser observados a partir do Gráfico 1 a seguir, que apresenta, quantitativamente, o resultado encontrado a partir da pesquisa de mercado realizada.

Gráfico 1 – Resultado da pesquisa de portfólio



Fonte: Autoria própria

Isto posto, foram selecionados os seguintes produtos para desenvolvimento da linha de tomadas e interruptores para o mercado mexicano conforme Tabela 6:

Tabela 6 - Produtos selecionados para o projeto

Tomada modu- lar de 1 posi- ção (15 A/127 V)	Tomada dupla retangular (15 A/127 V)	Tomada dupla com USB	Tomada dupla com GFCI	Interruptor de 3 posições	Interruptor de 1 posição
					

Fonte: Adaptação Sodimac

Durante esse processo, foram identificados dispositivos que não são comuns ao mercado brasileiro e que demandaram um estudo um pouco mais aprofundado de sua funcionalidade. Para cada produto selecionado, foram mapeadas suas principais características técnicas e construtivas, conforme especificado a seguir.

3.1 Processo construtivo e desenvolvimento de protótipos

Para elaborar os protótipos dos produtos mencionados, foi necessário estruturar as principais características construtivas de cada elemento. Em seguida, foi utilizado o *software* *SOLIDWORKS* para desenvolver os modelos 3D dos produtos de maneira inicial, para que fossem realizadas simulações de montagem e de *design*, conforme especificadas nessa seção.

Após desenvolver os itens e realizar os testes de montagem via *software*, os protótipos foram impressos em uma impressora GTMax3D AB400 utilizando filamentos de plástico do tipo ABS MG94.

3.1.1 Tomada modular de 15 A

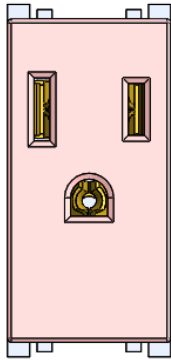
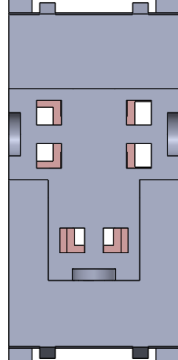
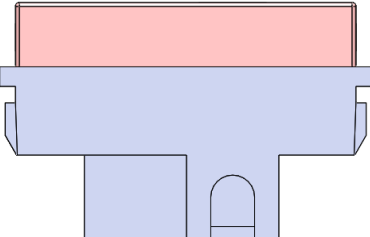
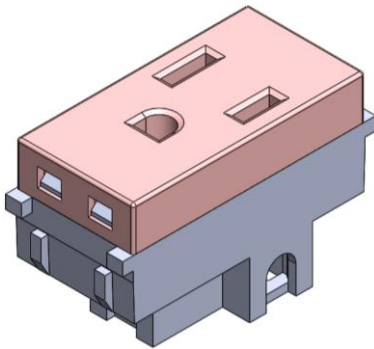
A tomada modular de uma posição apresenta características similares aos produtos modulares utilizados no mercado brasileiro. Ao realizar pesquisas em construtoras mexicanas, foi possível notar que as caixas de embutir possuem dimensões semelhantes às utilizadas no Brasil, logo, é possível utilizar módulos de 22 mm de largura.

A estrutura modular permite que sejam realizadas combinações com até três módulos diferentes em uma caixa de passagem de 4x2", como por exemplo, uma tomada e dois interruptores, ou duas tomadas e um interruptor, entre outras aplicações. Entretanto, a conexão utilizada é do tipo NEMA 5-15R e é dimensionada a partir da norma ANSI/NEMA WD 6.

Para realizar a montagem da tomada modular conforme apresentada na Tabela 7, é necessário desenvolver três componentes: a tampa, a base e os contatos elétricos.

A base e a tampa da tomada são componentes poliméricos e passam pelo processo de injeção plástica. Para isso, é necessário que haja um molde para a base e um molde para a tampa da tomada. Já os contatos elétricos são elementos metálicos e são fabricados a partir de um procedimento de estampagem de metais, onde é realizado o corte e a conformação de chapas metálicas por meio de prensagem.

Tabela 7 - Projeto da tomada modular de uma posição

Tomada modular de 1 posição (15 A/127 V)	
Vista frontal	Vista traseira
	
Vista lateral	Vista isométrica
	

Fonte: Autoria própria

3.1.2 Tomada dupla retangular

A tomada dupla retangular, também chamada de tomada monobloco, corresponde ao dispositivo que possui duas tomadas em uma só estrutura. Apesar de ser possível conectar dois aparelhos independentes, a tomada monobloco possui o barramento de contato compartilhado e sua especificação de corrente não deve ser tratada para os receptáculos de maneira individual.

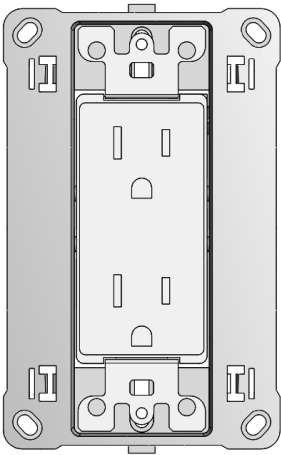
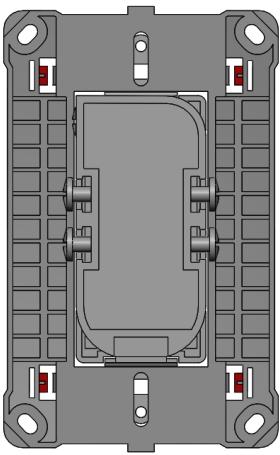
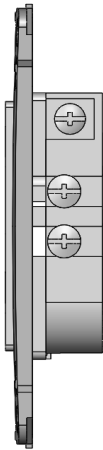
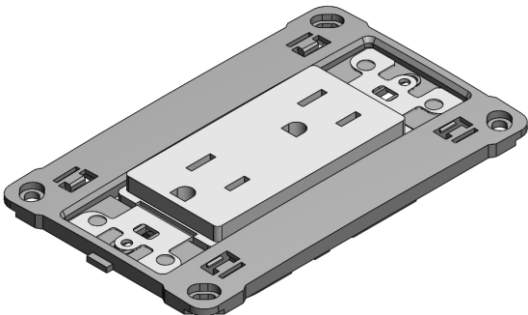
Diferente da tomada modular, a tomada dupla não é instalada a partir de encaixe, mas sim por meio de duas estruturas localizadas em suas extremidades, que necessitam do uso de parafusos para sua fixação no suporte. Suas dimensões também são padronizadas pela norma ANSI/NEMA WD 6.

Ao comparar as dimensões da tomada monobloco com as dimensões da tomada modular de uma posição, nota-se que há uma discrepância na largura, pois a tomada dupla é mais estreita

que a tomada modular. Dessa forma, não é possível utilizar o mesmo suporte para ambos os dispositivos e, consequentemente, a utilização do mesmo espelho também é inviabilizada.

A Tabela 8 apresenta a montagem 3D da tomada dupla com o suporte desenvolvido. Além da diferença na largura, foi necessário realizar um corte na estrutura do suporte para acomodar a peça de fixação da tomada junto à caixa de passagem.

Tabela 8 – Projeto da tomada dupla com suporte

Tomada dupla com suporte	
Vista frontal	Vista traseira
	
Vista lateral	Vista isométrica
	

Fonte: Autoria própria

3.1.3 Tomada dupla com USB e tomada com GFCI

A tomada dupla com USB e a tomada com GFCI possuem a estrutura e dimensões análogas às tomadas monobloco regulares. Por possuírem o mesmo formato, é possível utilizar o mesmo suporte e espelho para os três dispositivos, logo, foi confeccionado apenas um protótipo de maneira a representar os três produtos.

A diferença entre os dispositivos está no fato de que a tomada com USB possui uma tomada em cada extremidade e, na região central de seu corpo, possui entradas para USB que permitem o carregamento de equipamentos eletrônicos.

A tomada com GFCI, por sua vez, possui o sistema de proteção contra falha no aterramento integrado ao corpo da tomada conforme discutido na seção 2.3.2, com o sinalizador de funcionamento, um botão de teste e um botão de *reset* do dispositivo localizados em sua região central externa.

3.1.4 Interruptor de 3 posições

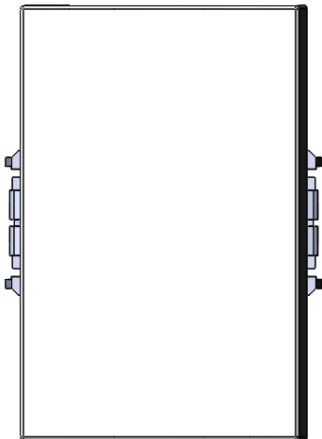
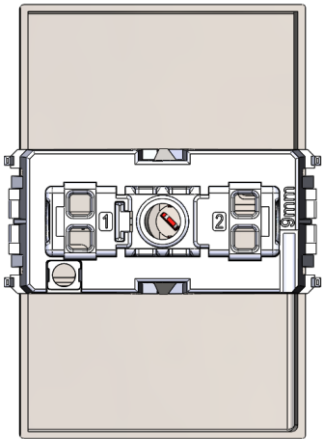
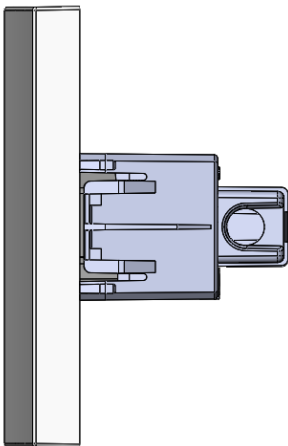
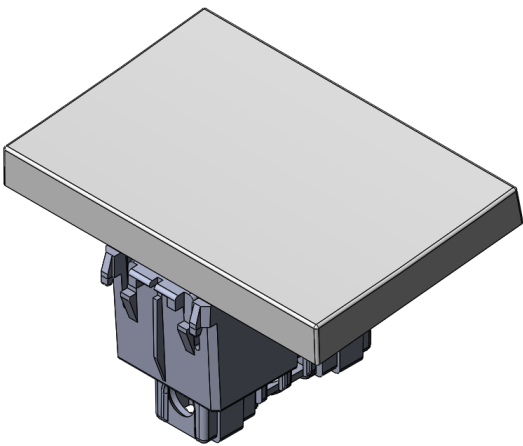
O interruptor de 3 posições é um elemento que não é convencional ser utilizado no Brasil. Possui apenas uma tecla que ocupa toda a extensão da placa, entretanto, é possível realizar sua montagem junto ao suporte com um único módulo de tamanho único.

Apesar de manter a estrutura de encaixe no suporte, não é possível utilizar o interruptor de três posições para combinação de conjuntos no formato 4x2", visto que a tecla ocupa as três posições da placa. Entretanto, é possível combinar diferentes módulos ao utilizar o formato 4x4".

A montagem do interruptor conta com a base e a tecla fabricados a partir de injeção plástica. Além disso, o interruptor também é composto por dois contatos laterais, e um contato central, e um balancim, que é um componente que auxilia a alteração do estado do contato ao movimentar a tecla de uma posição para a outra. Estes elementos são fabricados por meio de estampagem metálica.

A Tabela 9 apresenta a montagem 3D do produto.

Tabela 9 – Projeto do interruptor de três posições

Interruptor modular de 3 posições	
Vista frontal	Vista traseira
	
Vista lateral	Vista isométrica
	

Fonte: Autoria própria

3.1.5 Interruptor modular de 1 posição

O interruptor modular de uma posição apresenta características análogas ao interruptor utilizado no mercado brasileiro. Assim como a tomada modular, é possível utilizar módulos de 22 mm assim como realizar combinações de até 3 módulos em caixas de passagem de 4x2" e 6 módulos em caixas de passagem do tipo 4x4".

4 *Resultados e Discussão*

O protótipo do módulo de tomada de uma posição foi analisado em uma montagem com um interruptor e um módulo cego e realizado o encaixe de um plugue tamanho padrão do tipo B, como se pode observar na Figura 18. Ao estudar a montagem em detalhe, notou-se que o plugue é ligeiramente maior do que a largura da tomada única.

Como uma grande vantagem da modularidade está na possibilidade de personalização do produto a partir da necessidade do consumidor final, esse fato limita a montagem de conjuntos, visto que a composição de mais de uma tomada consecutiva, ou uma tomada seguida de um interruptor, acarretaria a inadequação do encaixe do plugue.

Figura 18 - Montagem com a tomada modular



Fonte: Autoria própria

Para remover este empecilho, foram propostas duas soluções. A primeira sugestão foi desenvolver uma tomada que ocupasse 1 ½ posição para que houvesse mais espaço de trabalho. Entretanto, como a placa modular padrão consiste no tamanho de três módulos na vertical, no caso de comercialização de módulos de 1 ½ posição, torna-se necessária a fabricação de módulos cegos de ½ tecla para que o consumidor mantivesse as opções de montagem do conjunto ao mesmo tempo que todo o espaço da placa fosse aproveitado.

Essa adição ao portfólio não se tornou interessante a primeiro momento, visto que seria uma adaptação a ser realizada inicialmente de maneira exclusiva para o mercado mexicano e, tendo em vista que o projeto visa realizar um teste de mercado, uma visão estratégica seria inserir gradualmente os produtos a fim de conquistar o espaço da marca.

Com isso, torna-se mais relevante inserir os produtos essenciais com maior qualidade, do que inserir o maior número de produtos que acarretariam um alto investimento e uma possível resposta negativa do mercado. Isto posto, esta possibilidade foi arquivada para futuras demandas do público-alvo.

Logo, partiu-se para a segunda proposta de solução. Nesse cenário, seria feita uma sugestão de montagem partindo do fabricante em questão direcionada ao cliente final, como ilustrada na Figura 19. Inserida no catálogo do produto e no manual de instalação, a sugestão de colocar um módulo cego como elemento central no conjunto possibilitaria a conexão do plugue sem obstruções, tornando viável também a venda dos elementos como conjuntos montados.

Figura 19 - Sugestão de montagem para o conjunto

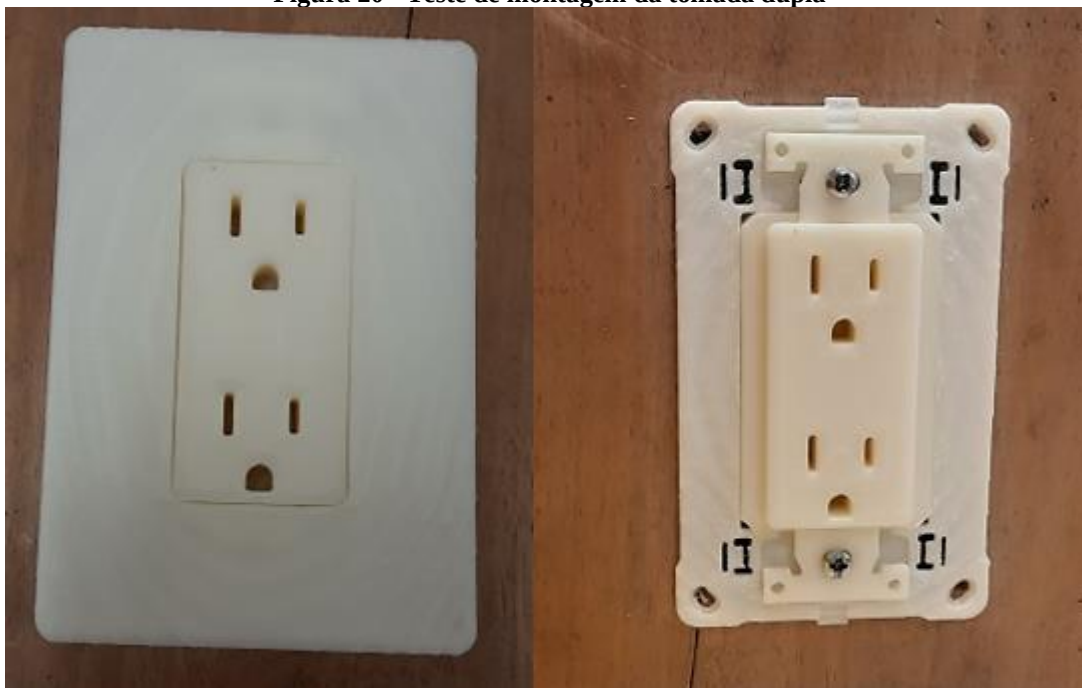


Fonte: Autoria própria

A desvantagem se encontra em retirar do cliente o poder de personalização do conjunto. Entretanto, foram realizados novos testes com plugues de tamanho menor e que não apresentaram problemas em sua altura. Logo, concluiu-se que, preliminarmente, não seria necessário realizar alterações no projeto.

Em seguida, foi realizada a análise do protótipo da tomada dupla juntamente com o suporte e espelho equivalentes. Foi efetuado um teste de montagem em uma caixa de embutir 4x2” retangular em uma estrutura de madeira simulando uma parede, conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Teste de montagem da tomada dupla



Fonte: Autoria própria

Ao observar a peça, não foram encontrados problemas quanto à sua montagem. O encaixe foi realizado dentro da caixa de embutir com espaço suficiente para a passagem de cabos de alimentação. Entretanto, atentou-se para uma oportunidade de melhoria quanto ao encaixe da tomada junto ao suporte.

Notou-se que a estrutura onde a peça é parafusada possui uma espessura maior do que o espaço rebaixado no suporte onde seu encaixe é realizado, gerando assim um estufamento da peça nessa região ao ser colocado o espelho, ocasionado pelo parafuso. Sendo assim, há a possibilidade de realizar um corte mais profundo para acomodar a estrutura, dessa forma, o encaixe entre a peça e o espelho não ficará comprometido.

Logo, com o intuito de deixar a proposta o mais realista possível de maneira visual, foi utilizada outra tecnologia para a impressão dos protótipos. O método de sintetização seletiva a laser (SLS) é um processo de fabricação onde um laser de alta potência funde pequenas partículas de pó de polímero, construindo a peça camada por camada.

A Tabela 10, a seguir, mostra os conjuntos montados com as peças impressas utilizando essa tecnologia.

Tabela 10 - Conjuntos finalizados

Tomada modular	Interruptor de 3 posições	Tomada dupla
		

Fonte: Autoria própria

Nota-se que as peças possuem o aspecto visual semelhante ao acabamento de uma peça injetada em plástico, dessa forma, é possível analisar como a peça ficaria em seu estado final. A não ser pela tomada dupla, as peças foram montadas utilizando placas e suportes adquiridos no mercado brasileiro. Foi possível observar que as peças não possuem folgas em relação aos itens reais, e executam suas funções primárias corretamente, assim validando o projeto mecânico.

5 *Conclusão*

Após a pesquisa realizada, nota-se que a padronização de modelos de tomadas gera mais segurança para o usuário da rede elétrica, além de facilitar a internacionalização de empresas fabricantes de equipamentos elétricos para construção civil.

Entretanto, tomando como base as tomadas padrão NEMA, percebe-se que existe uma medida de segurança que caminha para o sentido oposto: existem vários padrões diferentes de tomadas a depender de sua aplicação (corrente e tensão). Apesar de prevenir que equipamentos sejam ligados de maneira errônea, este fato acaba por incentivar que o usuário opte por medidas mais práticas, como o uso de adaptadores, o que estabelece uma tendência maior a acidentes envolvendo a rede elétrica.

Dessa forma, durante o desenvolvimento de produtos, é necessário especificar requisitos de segurança, como a escolha adequada de materiais e a realização de ensaios nas peças. Neste cenário, considerando a aplicabilidade dos produtos elaborados, torna-se pertinente a implementação de um estudo aprofundado de materiais plásticos conforme a classificação especificada pela UL 94.

A construção de protótipos de peças é uma ferramenta de extrema importância de validação no desenvolvimento de projetos de alto investimento, visto que o produto simulado não é totalmente igual ao produto real. Dessa forma, os testes de montagem física realizados revelaram informações úteis ao projeto que prevenirão potenciais falhas.

Dito isto, a montagem da tomada modular realizada com o plugue do tipo B apresentada na Figura 10 não se mostra como um impedimento para a comercialização do produto, tendo em vista que é possível realizar combinações com elementos modulares diferentes e que existem plugues de tamanhos variados que atendem às medidas projetadas.

Por fim, uma sugestão de continuidade para o trabalho realizado é a fabricação dos produtos desenvolvidos através da injeção plástica e a validação por meio dos ensaios pertinentes. Além disso, sugere-se o desenvolvimento de módulos eletrônicos como carregadores USB e o componente de medição integrado ao GFCI, assim como os diferentes modelos NEMA para residência apresentados, como o modelo 5-20R, 6-15R e 6-20R.

Referências Bibliográficas

- [1] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, *ABNT NBR NM 60884-1 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo - Parte 1: Requisitos Gerais*, 2010.
- [2] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR 5431 - Caixas e invólucros para acessórios eletrônicos para instalações elétricas fixas domésticas e análogas - Dimensões*, 2008.
- [3] P. F. Mastro, *Plastics Product Design*, 2016.
- [4] D. V. Rosato, D. V. Rosato e M. G. Rosato, *Injection Molding Handbook*, 2000.
- [5] IEC. International Electrotechnical Commission, “World Plugs | IEC,” 2023. [Online]. Available: <https://www.iec.ch/world-plugs>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [6] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Por que não foi adotado um padrão universal para plugues e tomadas? - INMETRO,” 20 Dezembro 2022. [Online]. Available: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-conformidade/plugues-e-tomadas/por-que-nao-foi-adotado-um-padrao-universal-para-plugues-e-tomadas>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [7] IEC. International Electrotechnical Commission, “Who we are | IEC,” 2023. [Online]. Available: <https://www.iec.ch/who-we-are>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [8] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Plugues e Tomadas,” 2011. [Online]. Available: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/index.asp>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [9] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, *ABNT NBR-14136 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização*, 2021.
- [10] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Legislação Inmetro, Portaria Nº185 de 21 de julho de 2000,” 26 Julho 2000. [Online]. Available: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=654. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [11] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “IA - Avaliação da Conformidade,” [Online]. Available: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/iaac/certifique-seu-produto.asp>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [12] CONMETRO. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, “Resolução Conmetro nº11 de 20 de dezembro de 2006,” 20 Dezembro 2006. [Online]. Available: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=7&seq_ato=199. [Acesso em 23 Junho 2023].
- [13] INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Portaria Inmetro nº324 de 21 de agosto de 2007,” 21 Agosto 2007. [Online]. Available: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=1183. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [14] CONMETRO. Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, “Resolução Conmetro nº8 de 31 de agosto de 2009,” 31 Agosto 2009. [Online].

Available:

http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=7&seq_ato=229. [Acesso em 24 Junho 2023].

- [15] IEC. International Electrotechnical Commission, *IEC 6114 - Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment*.
- [16] American National Standards Institute, National Electrical Manufacturers Association, *ANSI/NEMA WD 6-2016: Wiring Devices - Dimensional Specifications*, 2016.
- [17] AMERICORD, “Knowing Your Plug And Receptacle With Nema Charts,” [Online]. Available: <https://www.americord.com/blog/nema-chart-know-your-plug-and-receptacle/>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [18] NOM. Norma Oficial Mexicana, *NOM-003-SCFI - Productos eléctricos - Especificaciones de seguridad*.
- [19] UL. Underwriters Laboratories, “History | UL Solutions,” [Online]. Available: <https://www.ul.com/about/history>. [Acesso em 24 Junho 2023].
- [20] UL. Underwriters Laboratories, *UL 94 - Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*.
- [21] ANCE. Asociación de Normalización y Certificación A.C., *NMX-J-520-ANCE - Interruptores de circuito por falla a tierra - Especificaciones y métodos de prueba*.
- [22] R. C. Camp, *Benchmarking: o caminho da qualidade total*, São Paulo: Pioneira, 1995.