REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2023, Vol. 13, No. 26
DOI 10.23972/det2023iss26pp80-91

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

# *WaveTactile*: estímulo sensorial tátil na interação de usuários cegos na interface do forno micro-ondas

Tainá A. B. Oliveira[1]; Milton J. Cinelli[2]; Milton L. H. Vieira[1]; Gabriel Prim[1]

1 *Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil*

2 *Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil*

**RESUMO**

Atualmente no mundo, há um elevado número de pessoas com algum tipo de deficiência visual. Para indivíduos com esse tipo de deficiência, realizar tarefas simples do dia a dia, como manusear eletrodomésticos, torna-se um verdadeiro desafio, sobretudo quando os equipamentos não contam com botões físicos e possuem apenas painéis planos – tendência cada vez maior nos eletrodomésticos atuais. Com isso, é necessária a busca por soluções para facilitar o uso de eletrodomésticos por cegos, o que pode ser feito investigando outros sentidos desses indivíduos, como o tátil. Para indivíduos com deficiência visual, realizar tarefas cotidianas simples, como manusear um forno micro-ondas, torna-se um verdadeiro desafio, sobretudo quando o equipamento apresenta apenas painel de interface plana, tendência cada vez maior nos eletrodomésticos atuais. Nesse contexto, o presente estudo buscou desenvolver uma membrana de silicone com símbolos em relevo projetada para sobrepor o painel de um forno micro-ondas, a fim de facilitar o uso deste eletrodoméstico por usuários cegos. Para isso, utilizou-se da metodologia *Design Wheel* para produtos em Tecnologia Assistiva, explorando o estímulo sensorial tátil. O protótipo desenvolvido (Sistema Tátil *WaveTactile*), foi testado por pessoas cegas através de testes de usabilidade com métricas de desempenho e de preferência, através da realização de tarefas no forno micro-ondas e aplicando questionários pós-testes. Como resultado, observou-se que o Sistema Tátil WaveTactile aumentou a capacidade dos participantes cegos de completar as tarefas propostas no micro-ondas. Além disso, utilizando o sistema desenvolvido, a maioria dos participantes cegos conseguiu finalizar todas as tarefas com poucos erros e sem a necessidade de ajuda. De fato, embora os participantes cegos tiveram pouco tempo para se familiarizar com o novo código, os resultados se mostram promissores.

**PALAVRAS-CHAVE**

*Cegos, Eletrodomésticos, Estímulo tátil, Ergonomia*

# WaveTactile: tactile sensory stimulation in the interaction of blind users in microwaves

**ABSTRACT**

Currently in the world, there is a high number of people with some type of visual impairment. For individuals with this type of disability, performing simple day-to-day tasks, such as handling appliances, becomes a real challenge, especially when the equipment does not have physical buttons and only has flat panels - an increasing trend in today's home appliances. Thus, it is necessary to search for solutions to facilitate the use of home appliances by blind people, which can be done by investigating other senses of these individuals, such as tactile. For individuals with visual impairments, performing simple everyday tasks, such as handling a microwave oven, becomes a real challenge, especially when the equipment has only a flat interface panel, an increasing trend in today's home appliances. In this context, the present study sought to develop a silicone membrane with embossed symbols designed to overlap the panel of a microwave oven, in order to facilitate the use of this appliance by blind users. For this, the Design Wheel methodology was used for products in Assistive Technology, exploring the tactile sensory stimulus. The prototype developed (WaveTactile Tactile System), was tested by blind people through usability tests with performance and preference metrics, by performing tasks in the microwave oven and applying post-test questionnaires. As a result, it was observed that the WaveTactile Tactile System increased the ability of blind participants to complete the proposed tasks in the microwave. In addition, using the developed system, most blind participants were able to complete all tasks with few errors and without the need for help. In fact, although the blind participants had little time to familiarize themselves with the new code, the results are promising.

**KEYWORDS**

*Blinds, Household appliance, Tactile stimuli, Ergonomics*

CONTATO: Tainá B. Oliveira – *tainabueno@gmail.com*

© 2023 – Revista Design & Tecnologia

## 1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que, em todo o mundo, mais de 2.2 bilhões de pessoas apresenta algum tipo de deficiência. No Brasil, segundo o Censo Demográfico 2010 e a Nota Técnica 01/2018, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 6,7% da população, cerca de 12,7 milhões de pessoas, declararam ter algum tipo de deficiência, podendo ser auditiva, visual, motora e mental ou intelectual; entre elas, a deficiência visual é a que mais se destacou, atingindo 3,4% da população. Para essas pessoas, atividades do cotidiano, como aquecer um alimento no forno micro-ondas ou utilizar máquina de lavar – que, normalmente, são tarefas simples – tornam-se desafios. Com o avanço da tecnologia, as telas sensíveis ao toque se tornaram tendência também nessa área de eletrodoméstico, entretanto, esses produtos normalmente não são projetados tendo em vista o público cego, já que para adaptar terá como resultado um preço maior para o consumidor final.

Assim sendo, o presente estudo procurou desenvolver um sistema baseado em estímulos sensoriais táteis para que este possa ser utilizado em eletrodomésticos, a fim de, avaliar e/ou investigar com métricas de desempenho se este sistema potencializará o manuseio do equipamento por pessoas cegas, facilitando assim, o seu dia a dia. A pesquisa utilizou metodologias de Design, Ergonomia e Tecnologia Assistiva no desenvolvimento do Sistema Tátil WaveTactile, uma membrana de silicone com símbolos em relevo projetada para sobrepor o painel de um forno de micro-ondas, a fim de facilitar o uso do eletrodoméstico por usuários cegos. O sistema foi avaliado em testes de usabilidade realizado pelos usuários cegos e os resultados serviram para a compreensão de soluções que podem ser aplicadas no dia a dia a fim de tornar acessível o uso desses produtos para a maioria das pessoas que necessitam.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Design e Ergonomia voltados para a inclusão

No Brasil, há projetos que visam melhorar a vida das pessoas que tem deficiência. As leis de acessibilidade são facilitadores para garantir uma maior autonomia por pessoas com deficiência. A exemplo disso, a Norma Brasileira (NBR) 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), considera condições de mobilidade e percepção dentro do ambiente como edifícios, lugares públicos e calçadas, proporcionando mobilidade a um maior número de pessoas independentemente da idade ou condição limitadora.

Para pessoas com deficiência visual, existem diversas pesquisas que visam facilitar o cotidiano da pessoa cega, muitas delas voltadas para a educação, como softwares leitores de textos, audiodescrição, bengala, celular com recurso de leitor de tela, impressora em Braille, relógio sonoro entre outros. A busca pelo aperfeiçoamento de equipamentos que promovam autonomia tem aumento na última década, no entanto, o custo desses produtos ainda é alto, o que torna, assim, difícil acesso de forma justa quando se comparado as demais pessoas da sociedade.

A relação do design na promoção da autonomia é íntima, já que uma das justificativas é relação que se tem com os Fatores Humanos para entender a necessidade dos usuários, e assim, consiga criar ou melhorar produtos para esse público. Nesse contexto, o Design, de forma geral, torna-se um agente da mudança do ambiente em que vivemos. Para Löbach (2001, p.14), a ação integradora, que melhor se aplicaria entender o Design como processo de adaptação do ambiente "artificial" às necessidades físicas e psíquicas dos seres humanos na sociedade.

O Design centrado no usuário é o desenvolvimento de produtos que tem como finalidade a necessidade do usuário, incluindo pessoas com deficiência, já que projetar pensando em um usuário favorece na delimitação do problema. No livro Design de Interação, Rogers, Sharp e Preece (2013, p. 2) relatam que um dos principais objetivos do design de interação é a redução de aspectos negativos da experiência do usuário, como frustração e aborrecimento, e melhorar os positivos, como divertimento. Assim sendo, o Design pode ser um aliado no desenvolvimento de produtos com acessibilidade. O papel do designer, nesse contexto, é projetar objetos funcionais e ergonômicos, que também valorizem as questões estéticas, contribuindo no desenvolvimento de produtos que diminuam as dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiência, que valorizem suas vontades de consumo, e que equiparem em oportunidade de igualdade suas capacidades físicas, psicológicas e social aos demais.

Aliado ao Design na promoção da acessibilidade, a Tecnologia Assistiva (TA) tem como principal objetivo proporcionar habilidades funcionais promovendo ou ampliando a melhora na inclusão social (BERSCH, PELOSI, 2006). De acordo com a *Internacional Organization for Standardization* (ISO) 9999:2016, Tecnologia Assistiva é qualquer produto, instrumento, estratégia, serviço e prática, utilizado por pessoas com deficiência e pessoas idosas, especialmente produzido ou geralmente disponível para prevenir, compensar, aliviar ou neutralizar uma deficiência ou incapacidade.

Além do Design, a Ergonomia pode contribuir para solucionar diversos problemas sociais relacionados com saúde, segurança, conforto e eficiência. A ergonomia pode contribuir para a prevenção de erros, melhorando o desempenho e reduzir situações que são prejudiciais à saúde devido à problema de projetos ruins e/ou uso incorreto de equipamentos, sistemas e tarefas (DUL e WEERDMEESTER, 2012, p. 15). A Ergonomia é a ciência do trabalho: das pessoas que fazem e das maneiras como são feitas, das ferramentas e equipamentos que usam, dos lugares onde trabalham e dos aspectos psicossociais da situação de trabalho (PHEASANT, HASLEGRAVE, 2016, p.14). Essa área do conhecimento centra seus estudos em aspectos como postura e movimentos corporais, fatores ambientais, informação, informações captadas pelos sentidos, entre mostradores e controles, bem como cargos e tarefas (adequadas, interessantes) e a conjugação desses fatores permite projetar ambientes seguros, saudáveis, confortáveis e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana (DUL e WEERDMEESTER, 2012, p. 14).

Os produtos desenvolvidos utilizando conceitos de Design, Tecnologia Assistiva e Ergonomia podem ser avaliados quanto à usabilidade. Usuários e os sistemas dialogam continuamente, após uma operação (ação) do usuário, o sistema reage (feedback), exigindo uma nova ação e assim sucessivamente. A eficiência desse diálogo depende da usabilidade do sistema. Assim, usabilidade significa facilidade de uso ou uso "amigável" que ocorre quando o sistema considera características e necessidades do usuário, para que as operações sejam satisfatórias e eficientes (DUL e WEERDMEESTER, 2012, p. 71). De acordo com Nielsen (1993, p.23) o termo "*user friendly*" ou uso "amigável", ficou conhecido quando começaram as vendas de computadores. Contudo, para o autor, esse termo não é apropriado por diversas razões, e por isso, profissionais da área passaram a utilizar terminologias como HCI (*human-computer interaction* ou interação humano computador) ou UCD (*user-centered design* ou design centrado no Usuário), Fatores

Humanos ou Ergonomia, mas para Nielsen, o melhor termo para definir "uso amigável" é Usabilidade.

A avaliação é parte integrante do processo de design. Os avaliadores coletam informações sobre a experiência dos usuários ou potenciais experiências do usuário ao interagirem com um protótipo, um componente de um sistema de computador, uma aplicação ou artefato de design, como um esboço de tela (ROGERS, SHARP e PREECE, 2013, p. 433). Para Norman e Nielsen (s.d.) a experiência do usuário abrange todos os aspectos da interação do usuário final com a empresa, seus serviços e seus produtos. O primeiro passo para uma experiência do usuário exemplar é atender às necessidades exatas do cliente, sem problemas ou incômodos, seguida pela simplicidade e a elegância, que produzem produtos que são uma alegria ter, uma alegria usar. Assim, para fazer um produto mais usável, elenca-se três princípios: foco precoce no usuário e na tarefa, avaliação e medição do produto e design frequente. As avaliações de usabilidade são importantes, pois melhoram a rentabilidade do produto, promovem informações ao projeto e expõe problemas para que possam ser corrigidos, minimizando ou eliminando a frustração para os usuários (RUBIN e CHISNELL, 2008, p. 13 e 22).

## 2.2 Painéis digitais *touchs*

De acordo com Grant Mason (2016), diretor de vendas da empresa Schott Gemtron, os smartphones mudaram a forma que interagimos com o mundo, e as teclas *touchs* que se encontram nesses objetos, pelo seu poder em relação a funcionalidade e usabilidade, estão sendo replicadas em objetos de ambientes residenciais, carros, hospitais e empresas e que botões físicos que antes existiam, estão sendo substituídos por painéis lisos do tamanho de um tablet que podem controlar quase tudo. Ainda para o autor, a cozinha tem ganhado uma atenção especial dos designers com a substituição dos botões, se aproveitando da compreensão instintiva do ser humano para expandir as possibilidades de forma e função. Contudo, para Guerreiro e colaboradores (2011), preocupações a respeito de tecnologias sensíveis ao toque ainda são comuns para pessoas com deficiência visual. Apesar de existirem softwares de auxílio para essa questão, ainda há pouco conhecimento acerca das dificuldades encontradas por esses usuários no primeiro contato com esses dispositivos.

Atualmente, produtos inteligentes já possuem a opção de acessibilidade, principalmente smartphones, tablets, *smartwatches* e computadores. O *VoiceOver* é um leitor de telas completo nativo do sistema operacional da Apple, funciona integrado a todos os dispositivos da marca, com recursos, navegação em sites, PDFs, mensagens, audiodescrição de filmes, e pode ser ativado por movimento dos dedos do usuário. Ele também pode se conectar a displays/teclados em Braille. É totalmente integrado a assistente pessoal da Apple, a Siri, o que permite comando de voz para ações. Os smartphones que possuem o sistema Android, da empresa Google, o leitor de tela nativo é conhecido como *TalkBack* que funciona de forma semelhante ao *VoiceOver* da Apple.

## 2.3 Estímulo sensorial tátil

De acordo com Hollins (1989), uma das perguntas mais frequentes sobre pessoas cegas é se elas desenvolvem uma maior sensibilidade nos outros sentidos (como audição e tato) por consequência da perda da visão. Contudo, o que se percebe é que quando se presta atenção em certos tipos de informação sensorial, é possível tornar-se experiente em perceber, notar falta, ou mesmo ver diferenças sutis entre estímulos que são confundidos por outros. Exemplos disso são pessoas que trabalham com os sentidos, por exemplo um Sommelier que sente por meio do paladar diferenças sutis entre os vinhos, um biólogo que identifica espécies com pequenas diferenças por meio do olhar ou inspetores de controle que identificam problemas em máquinas apenas pelo barulho que elas emitem (HOLLINS, 1989).

A privação sensorial muitas vezes leva à reorganização de certas redes neurais, a fim de desenvolver a adaptação mais efetiva possível nos sentidos restantes para lidar com o déficit (COLLIGNON et al., 2009, p. 354). O sentido háptico, por exemplo, que se refere ao sentido do toque, ou tato, é e usado de forma extensiva por pessoas com deficiência visual para coletar informações. Diferente dos outros sentidos, esse órgão não está localizado centralmente, porém recebe através da pele as informações do corpo todo. É usado de forma sensorial para determinar propriedades de objetos, como temperatura, textura, forma e relações espaciais. Para o cego, o sentido do toque desempenha uma compensação da visão em tarefas perceptivas, como a leitura em Braille. No entanto, quando fatores prejudicam a capacidade de mover as mãos, destreza nos dedos, flexibilidade no punho ou controle motor, esses podem afetar a eficácia da coleta de informações pelo sentido háptico (SARDEGNA et al, 2002, OCHAITA, ROSA, 1995). Ainda assim, esse sentido é considerado o sistema preservado mais importante para uma pessoa com deficiência visual e está intimamente ligado a estímulos sensoriais. Ochaita e Rosa (1995) relembram estudos conduzidos por Gibson em 1966, que há a necessidade de se diferenciar o tato passivo e ativo, sendo o primeiro a informação tátil recebida de forma não intencional, e o ativo na busca intencional pela informação por meio do toque. Por meio do toque ativo, muitas propriedades do ambiente adjacente podem ser percebidas na ausência de visão (GIBSON, 1962, p.477).

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi explorar o estímulo sensorial tátil de pessoas com deficiência visual, no intuito de construir uma membrana em silicone com símbolos específicos para identificar as teclas de baixo relevo de um forno micro-ondas.

# 3. MATERIAL E MÉTODOS

## 3.1 Participantes

Para esta pesquisa, contou-se com 7 participantes com deficiência visual, com perda total da visão (Decreto 5.296/2004, art. 5º que legisla sobre pessoas com deficiência no Brasil), com idades entre 18 e 60 anos, com familiaridade à leitura em Braille e com algum conhecimento no manuseio de forno micro-ondas, todos residentes em Florianópolis/SC e participantes da Associação Catarinense para Integração do Cego (ACIC). Contou-se, também, com 15 participantes videntes, os quais a seleção foi ao acaso, com o critério de conhecimento do manuseio de forno micro-ondas, todos alunos da Universidade do Estado de Santa Catarina/UDESC campus I.

Este estudo foi submetido ao Conselho de Ética (CEP), como prevê a Resolução 196 (BRASIL, 1996, art. 3º) e aprovado na data de 20 de outubro de 2017 com o número CAAE 76873717.7.0000.0118. Para as etapas existentes no processo de avaliação, cada sujeito da pesquisa foi submetido ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), onde consente ao pesquisador fazer fotografias, vídeos e gravações dos testes aplicados, baseado nos princípios do Conselho Nacional de Saúde (CNS), Resolução nº 466/2012.

## 3.2 Desenvolvimento do Sistema Tátil WaveTactile

Neste estudo, foi desenvolvido o Sistema Tátil WaveTactile,

com o intuito explorar o estímulo tátil no uso do forno micro-ondas por pessoas cegas. Pensando-se em um modo para acessar as teclas de baixo relevo do forno micro-ondas sem que se fizesse mudanças estruturais e explorando estímulos táteis, foi utilizada a metodologia proposta pela Universidade de Cambridge chamada "Design Wheel" do Kit de Design Inclusivo proposto por Clarkson e colaboradores (2011). O benefício do uso desse modelo frente é o foco no desenvolvimento para Tecnologia Assistiva. A contribuição da metodologia nesse projeto esteve focada na obtenção dos estágios iniciais (exploração, criação e avaliação) que compõem o método. Na Figura 1, de Waller e colaboradores (2015) apresentam as quatro questões fundamentais deste método e seus desdobramentos.

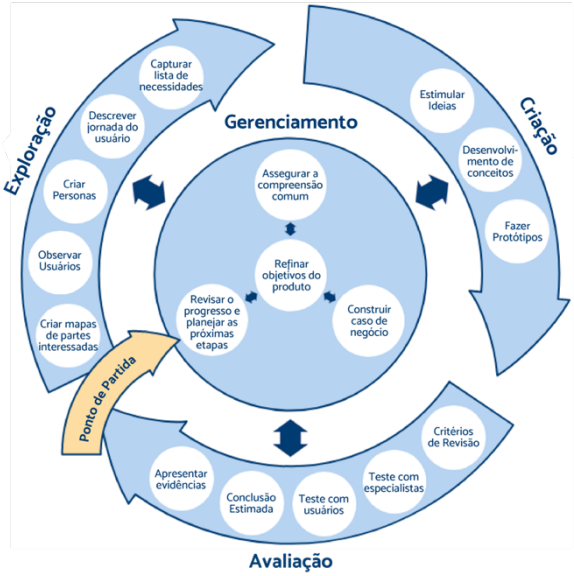



Figura 1 Desdobramento em estágios da metodologia. Traduzido pelos Autores - Design Wheel. Fonte: inclusivedesigntoolkit.com.

Inicialmente observamos o público executando tarefas no forno micro-ondas e buscando no estado da arte em trabalhos que propusessem códigos táteis como forma de facilitar o uso do forno micro-ondas sem a obrigatoriedade do entendimento do Braille. O campo que se descobriu, voltado para o público cego, é a identificação de cores, já que o Braille não possui essa previsão.




Figura 2 Modelo do forno micro-ondas. Fonte: Os autores.

A partir do estudo comparativo de códigos táteis, entendeu-se que muitos utilizam formas geométricas simples para dar característica a cada cor, iniciando por cores primárias e por meio da junção e/ou adição dessas figuras geométricas na criação de novas cores, utilizando como base o círculo cromático (OLIVEIRA, NICKEL e CINELLI, 2017). Dessa forma, o desenvolvimento do sistema tátil partiu do uso de símbolos geométricos simples que remetessem as funções dos botões, e como estratégia para diminuir o número de símbolos criados, explorou-se a junção e/ou adição dos símbolos. Para o experimento e criação do código, foi utilizado como base o painel do forno micro-ondas modelo Brastemp Clean BMS26 (Figura 2).

Na etapa de criação, foram criados esboços iniciais do código, elencando algumas figuras geométricas para uma primeira fase de teste. A escolha das figuras se deu pelo triângulo como figura geométrica base do código, portanto, obedeceria às variações dessa figura inicial. Ao mesmo tempo, foram testadas outras figuras geométricas como círculo, quadrado e barras (Figura 3). Ao longo das versões foram estudadas mudanças nos traços, espessura e na própria geometria, e, após os testes, ficou definida a versão final do Sistema Tátil WaveTactile, onde os símbolos foram simplificados e atribuído a cada um formas e/ou posições que lembrassem qual era a função do botão em termos de representação do forno de micro-ondas.

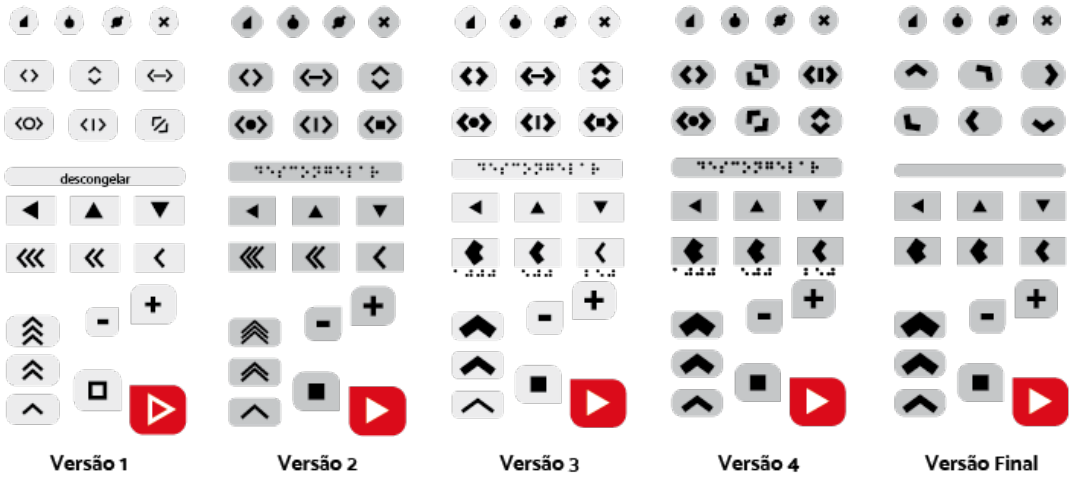



Figura 3 Esboços do código (versões) e código final (versão final). Fonte: Os autores.

Os modelos desenvolvidos foram prototipados, utilizando-se a técnica manufatura aditiva *Fused Deposition Modeling* (FDM), modelagem por depósito de material fundido que de acordo com Palermo (2013) e Alkaios B. Varotsis do site 3D Hubs e do site Materialise (s.d), é utilizada em impressoras 3Ds que utilizam material termoplástico como o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e/ou PLA (Ácido Polilático). Utilizando essa técnica, imprimiu-se em impressora 3D um molde negativo ao modelo do código. Após, utilizou-se borracha de silicone industrial azul no molde em negativo que abrigou o silicone e criou, portanto, uma película fina contendo o código em alto relevo, suficiente para identificação do sistema tátil sem perder a função dos botões do forno micro-ondas. Na Figura 4 pode-se notar um exemplo de impressão de um modelo inicial do código para testes.

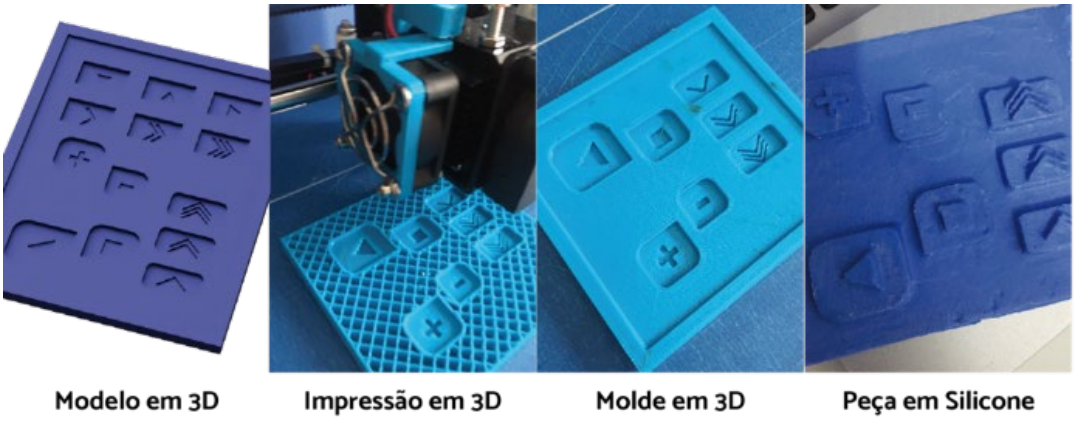



Figura 4 Processo de produção da peça 3D. Fonte: Os autores.

Para que nos testes de usabilidade os participantes soubessem o que cada código significava, foi criado um gabarito com as teclas no mesmo material, na mesma disposição do painel do forno micro-ondas com uma legenda em Braille que identificavam a função de cada botão. Antes de se iniciarem os testes, os participantes tiveram cinco minutos para se familiarizarem com o sistema, tateando e identificando os botões.

## 3.3 Testes de usabilidade

Os testes obedeceram aos layouts propostos na literatura (Figura 5) onde se utilizou a avaliação de usabilidade utilizando o método da Ergonomia americana, simulando a ação na tarefa de manuseio dos painéis em um ambiente controlado (RUBIN e CHISNELL, 2008). Esse método preocupa-se, principalmente, com os aspectos físicos da interface ser humano-máquina, com a finalidade de facilitar a manipulação dos controles (MORAES e MONT'ALVÃO, 2012).

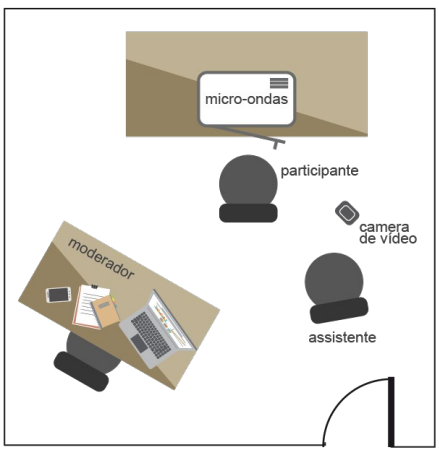



Figura 5 Disposição e estrutura da sala para o experimento. Fonte: Adaptado de Rubin e Chisnell, 2008, p.104.

Durante a realização das tarefas, foram coletados dados como completude da tarefa, tarefas completadas sem ajuda, tarefas completadas sem erro e número de toques totais para cumprir a tarefa. Para isso, utilizou-se do método intra-grupos, contrabalanceando as ordens das três tarefas (A, B e C) para que se evitasse os efeitos de aprendizagem (RUBIN e CHISNELL, 2008). O teste contou com 7 participantes cegos e 15 participantes videntes participando das mesmas tarefas. Os participantes cegos realizaram duas etapas de testes, a primeira etapa consistiu na execução das tarefas com o forno micro-ondas sem modificação (Grupo cegos sem modificação - GCS); enquanto que a segunda etapa consistiu na execução das tarefas com o forno micro-ondas modificado com o Sistema Tátil WaveTactile (Grupo cego tátil - GCT). Os participantes videntes participaram apenas em uma etapa de testes executando as tarefas no micro-ondas sem modificação (Grupo vidente - GV). Os testes duraram entre 10 e 40 minutos por participante.

Para os testes, ao participante foi pedido para realizar a tarefa simulando os comandos no painel do micro-ondas, colocando um objeto de material plástico próprio para uso em forno micro-ondas (pote) que simulou as tarefas. Como medida de segurança para evitar riscos, logo que participante finalizou os comandos no painel, o moderador cancelou o funcionamento do forno micro-ondas, parando qualquer tipo de aquecimento, e a retirada do objeto da parte interna do forno micro-ondas foi feita pelo moderador.

Para cada etapa foram criados três grupos de tarefas relacionadas ao uso de forno micro-ondas. Cada grupo de tarefas foi dividido em níveis de dificuldade, sendo a Tarefa #1 considerada fácil, a Tarefa #2 considerada mediana e a Tarefa #3 considerada difícil. Para cada nível de dificuldade, 3 tarefas diferentes foram criadas (A, B e C), para evitar os efeitos de aprendizagem (RUBIN e CHISNELL, 2008). Cada participante vidente realizou uma tarefa de cada grupo no micro-ondas sem modificação (totalizando 3 tarefas), enquanto cada participante cego realizou uma tarefa de cada grupo, porém duas vezes: uma vez no micro-ondas sem modificação, e a segunda vez no micro-ondas modificado com o Sistema tátil WaveTactile. Para cada grupo de tarefas, houve o sorteio entre as tarefas A, B ou C. O critério para tarefa bem sucedida foi encontrar os botões corretos e conseguir finalizar a tarefa. As tarefas estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 Componentes e descrição das tarefas. Fonte: Os autores.

| Tarefa | | Descrição | Realização |
|---|---|---|---|
| **Tarefa #1 Consideradas fáceis** | Tarefa A | Aquecimento de um copo com leite por 1min30s | Selecionar o botão (+1min) e (+30s) e o botão (iniciar). (3 toques) |
| | Tarefa B | Aquecimento de um prato de comida por 2min30s | Selecionar o duas vezes o botão (+1min) e uma vez o botão (+30s), após o botão (iniciar). (4 toques) |
| | Tarefa C | Estourar pipoca de micro-ondas | Selecionar o botão (pipoca) e o botão (iniciar). (2 toques) |
| **Tarefa #2 Consideradas medianas** | Tarefa A | Descongelamento de 250g de carne bovina | Selecionar o botão (carne bovina) e (250g) e o botão (iniciar). (3 toques) |
| | Tarefa B | Aquecer um copo de leite por 1min e acrescentar 30s após o início do aquecimento | Selecionar o botão (+1min) e o botão (iniciar), após o início apertar o botão (+30s). (3 toques) |
| | Tarefa C | Fazer um bolo de caneca | Selecionar o botão (caneca) e o botão (iniciar). (2 toques) |
| **Tarefa #3 Consideradas difíceis** | Tarefa A | Descongelamento de 750g de carne de peixe | Selecionar o botão (peixe) o botão (250g) botão (500g) e o botão (iniciar). (4 toques) |
| | Tarefa B | Descongelamento de 1250g de carne de frango | Selecionar o botão (frango) o botão (250g) botão (1000g) e o botão (iniciar). (4 toques) |

No cenário das tarefas, foram criados cards que foram disponibilizados ou lidos para que o participante executasse a tarefa sugerida (Figura 6).

Para o questionário pós-teste, o método de mensuração escolhido para a criação das perguntas foi baseado nos métodos auto reportados SUS (*System Usability Scale*) e NPS

(*Net Promoter Score*), o primeiro preparado com declarações positivas e negativas que serve para medir a usabilidade do produto, e o segundo preparado com apenas uma pergunta no intuito de medir a lealdade do consumidor ao produto. As métricas foram reportadas na Escala de Likert, com cinco pontos de afirmação (REICHHELD e MARKELY, 2011; TULLIS e ALBERT, 2013).

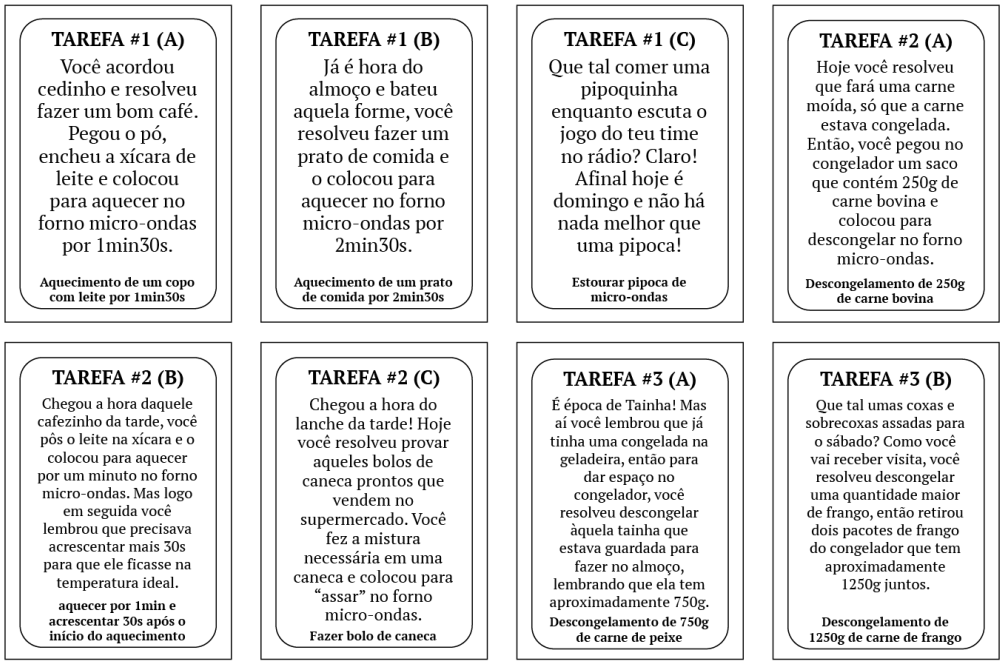



Figura 6 Cenário das Tarefas em oito *cards* que descrevem cada tarefa que os participamentes devem realizar, ex: Aquecimento de um copo de leite por 1min30s. Fonte: Os autores.

Além desses instrumentos de mensuração, também foram feitas anotações dos dados de preferências que consiste em dados mais subjetivos que medem os sentimentos ou opiniões de um participante acerca da utilização do produto (RUBIN e CHISNELL, 2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando a metodologia apresentada, desenvolveu-se a versão final do Sistema Tátil WaveTactile. Nos botões de funções pré-programadas, por exemplo o botão "Pipoca" se utilizou um triângulo de base aberta para cima, como entendimento que a pipoca estoura. Na função do botão "Legumes", um triângulo de base aberta para baixo por serem produzidas na terra. Já nas funções de descongelamento o botão "Frango" utiliza um triângulo fechado para cima, entendendo que aves podem voar e os botões que especificam a quantidade em gramas com a utilização da espessura do triangulo aberto para se entender o aumento gradual dos gramas. Esse mesmo pensamento ampliou-se aos demais botões, construindo a última versão do modelo, que foi direcionado para a impressão e montagem final no forno micro-ondas (Figura 7). Foi desenvolvida também a identidade visual do Sistema Tátil WaveTactile (Figura 8).

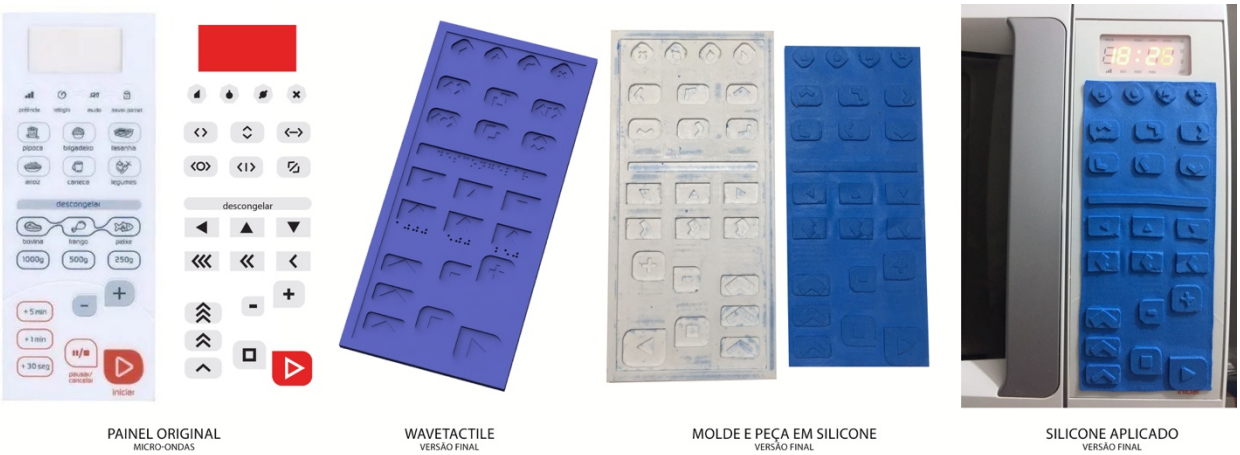



Figura 7 Painel do micro-ondas, código WaveTactile versão final, impressão e montagem no micro-ondas. Fonte: Os autores.

Figura 8 Identidade visual WaveTactile. Fonte: Os autores.

Com o modelo pronto, os participantes foram submetidos aos testes de usabilidade, conforme Material e Métodos. Para iniciar as análises, avaliou-se se os participantes completaram ou não as tarefas sugeridas consideradas fáceis (Tarefas #1), analisando também se completaram com ou sem ajuda em com ou sem erro. Na Figura 9, observa-se que 100% dos participantes videntes (GV) completaram a tarefa fácil, a grande maioria sem erro e sem ajuda. Contudo, do grupo de participantes cegos sem modificação (GCS), ou seja, sem o sistema tátil aplicado ao painel do micro-ondas, apenas 43% completou a tarefa. Por outro lado, dos participantes cegos utilizando Sistema Tátil WaveTactile (GCT), todos conseguiram concluir a tarefa, a maioria sem erro e sem a necessidade de ajuda.




Figura 9 Tarefa #1: Completude da tarefa, Completude da tarefa sem ajuda e Completude da tarefa sem erro. Fonte: Os autores.

Para a tarefa considerada de dificuldade mediana (Tarefa #2) (Figura 10), observa-se que, novamente, 100% dos participantes do grupo vidente (GV) completaram a tarefa com êxito. Contudo, do grupo de cegos utilizando o micro-ondas sem a modificação (GCS), menos de 30% conseguiu completar a tarefa. Por outro lado, do grupo cegos utilizando o sistema tátil (GCT), novamente, todos conseguiram concluir a tarefa.

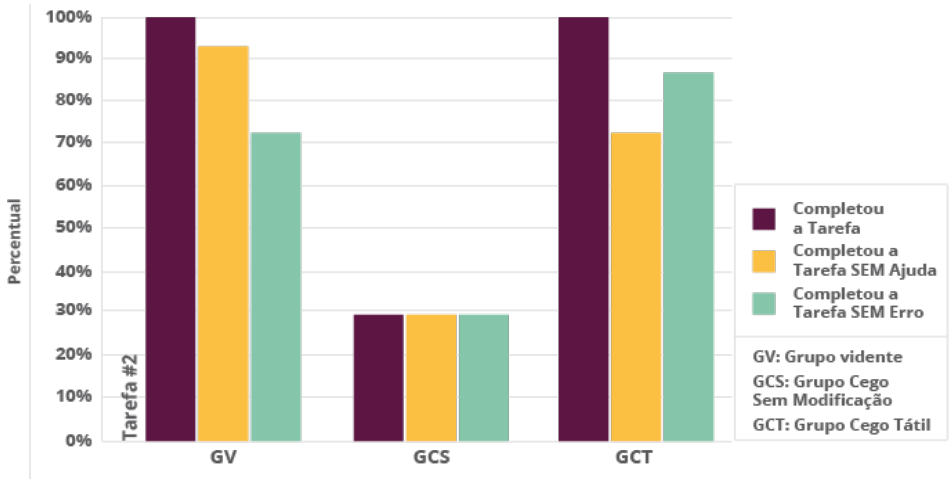



Figura 10 Tarefa #2: Completude da tarefa, Completude da tarefa sem ajuda e Completude da tarefa sem erro. Fonte: Os autores.

Para as tarefas consideradas difíceis (Tarefa #3), embora o grupo total de videntes (GV) tenha, novamente, completado as tarefas, observa-se uma diminuição na completude sem erro e sem ajuda, o que demonstra de fato a dificuldade maior da tarefa mesmo pelos videntes (Figura 11). Além disso, nesta tarefa, nenhum dos participantes do grupo cego utilizando o micro-ondas sem a modificação do painel (GCS) conseguiu completar a tarefa. Em contrapartida, mesmo a tarefa sendo difícil, 100% dos participantes do grupo cegos utilizando o sistema tátil (GCT) completaram a tarefa, a maior parte sem ajuda e sem erros.

De maneira geral, portanto, observa-se que o Sistema Tátil WaveTactile aumentou a capacidade dos participantes cegos de completar as tarefas propostas no micro-ondas. Além disso, utilizando o sistema desenvolvido, a maioria dos participantes cegos conseguiu finalizar todas as tarefas com poucos erros e a

necessidade de ajuda. De fato, embora os participantes cegos tiveram pouco tempo para se familiarizar com o novo código, os resultados se mostram promissores, uma vez que o código criado segue a tendência de outros autores que utilizaram figuras geométricas simples na criação de seus códigos e que sugerem que essa tática seja de fácil aprendizagem (MINARDI, 1989; SANTOS NOGUEIRA AZEVEDO PIRES, 2013; VANKRINKELVELDT, 2003).

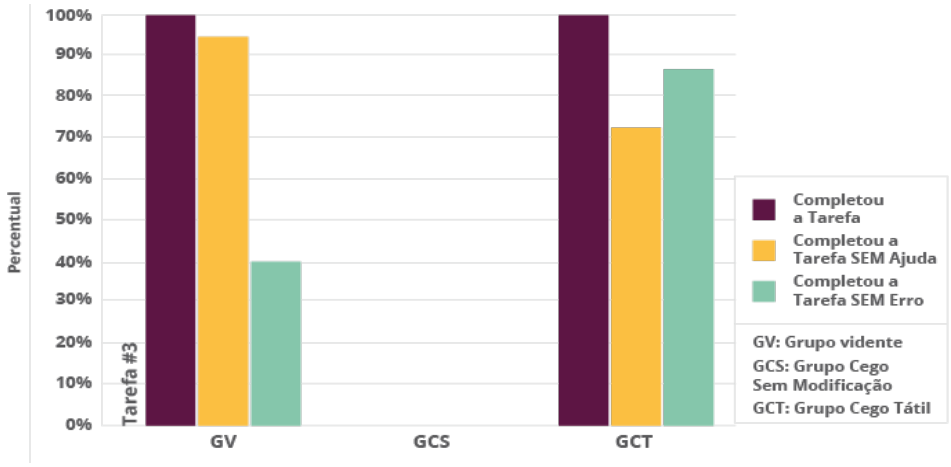



Figura 11 Tarefa #3: Completude da tarefa, Completude da tarefa sem ajuda e Completude da tarefa sem erro. Fonte: Os autores.

Por fim, verificou-se se houve diferença entre o número médio de toques totais ao cumprir a tarefa, comparando os valores médios de toques totais dos grupos GV e GCT na realização das três tarefas, ou seja, entre o grupo de videntes e o grupo de cegos utilizando o sistema tátil (Figura 12). Pode-se observar que os grupos possuem média de toques muito parecidas tanto na Tarefa #1 quanto na Tarefa #2. Contudo, para a Tarefa #3, que possui maior nível de dificuldade, embora ambos os grupos aumentaram o número de toques em relação às outras tarefas, o grupo GV apresentou média maior de toques frente aos grupos de cegos GCT. De fato, pôde-se notar que os cegos tiveram cuidado ao acionar uma tecla no forno micro-ondas, sobretudo nas tarefas de maior dificuldade, uma vez que não há um feedback identificando que eles acertaram o botão e, dessa forma, antes de executar a tarefa eles se certificavam se estava correta. Por outro lado, o grupo de videntes em sua maioria, por estarem enxergando o painel, trabalharam na tentativa e no erro até a finalização da tarefa.

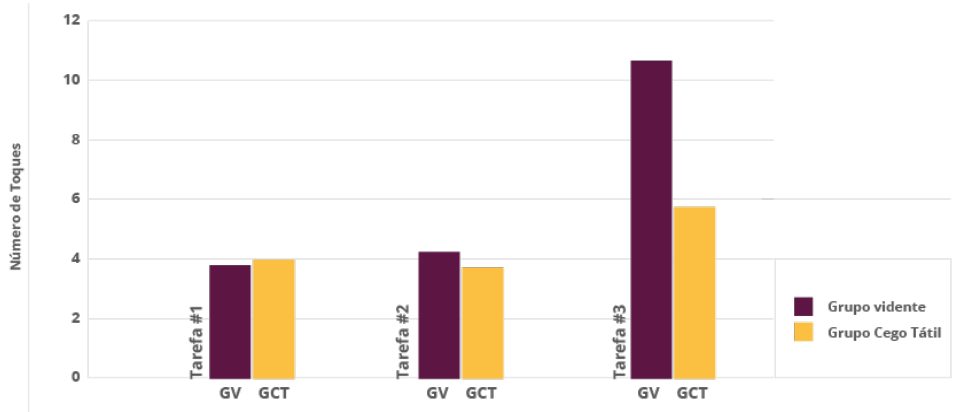



Figura 12 Número de toques totais para cumprir a tarefa. Fonte: O autor. Os autores.

Após os testes de usabilidade, foi utilizado ao final das tarefas um questionário pós-teste para coletar informações sobre a percepção do usuário em relação ao Sistema Tátil WaveTactile. As perguntas utilizadas no questionário foram:

1. Eu gostaria de usar esse sistema com frequência (Pergunta Positiva);
2. Eu achei o sistema fácil de usar (Pergunta Positiva);
3. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa (Pergunta Negativa);
4. Eu imagino que as pessoas aprenderão o sistema rapidamente (Pergunta Positiva);
5. Eu achei o sistema complicado de usar (Pergunta Negativa);
6. Eu me senti confiante ao usar o sistema (Pergunta Positiva);
7. Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema (Pergunta Negativa);
8. Eu achei o sistema integrado e consistente (Pergunta Positiva);
9. Grau de dificuldade das tarefas realizadas: identificar as teclas com a modificação (Pergunta Negativa).

Os resultados estatísticos da mediana para as nove perguntas foram positivos, onde em sua maioria obtiveram-se respostas positivas. Em relação a moda, as perguntas tanto positivas como negativas ficaram nos extremos, observando que se teve uma boa aceitação do sistema (Figura 13).

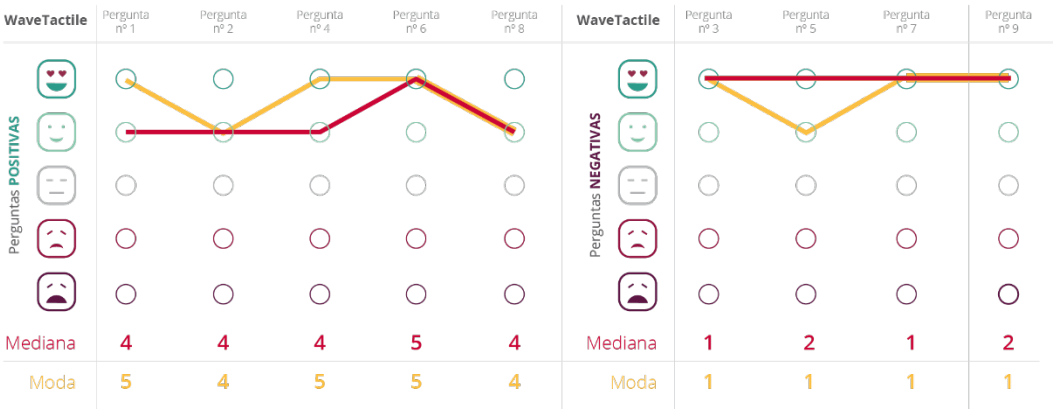



Figura 13 Resumo do questionário pós-teste. Fonte: Os autores.

Na literatura observou-se um trabalho de Oliveira e colaboradores (2012), que fez o uso de etiquetas colantes e o Braille para identificação das teclas em um forno micro-ondas. No entanto, o estudo em questão não apresenta testes com usuários que avalie o uso tanto do material quanto do Braille por usuários. O Sistema Tátil WaveTactile foi desenvolvido pelo presente estudo por meio de código e, apesar que como parte dos pré-requisitos da pesquisa os participantes deveriam saber o mínimo de Braille, a decisão pelo código baseado em símbolos se deu por entender que a cegueira pode ser congênita e adquirida, e a segunda se dá principalmente pelo envelhecimento da população, e nesses casos, a alfabetização em Braille não se torna viável e/ou essencial (MARTINIELLO, WITTICH, 2018).

O trabalho aqui apresentado utilizou estímulos táteis para desenvolver uma película com símbolos em relevo e aprimorar o uso de um forno micro-ondas por pessoas cegas, com bons resultados. Por outro lado, outros estímulos poderiam também ser explorados, como o sonoro, por exemplo. Sabe-se que pessoas com deficiência visual congênita possuem um melhor desempenho em frequências de modulação, que são importantes na percepção da fala em ambientes ruidosos, quando comparados a pessoas com visão normal, além de terem o diferencial da memória de curto prazo melhorada (KUMAR et al., 2017). Devido a isso, seria interessante também explorar a adaptação de eletrodomésticos para funcionar acoplados à smartphones, com aplicativos específicos. De fato, as pessoas com deficiência visual já estão habituadas com o uso da tecnologia, além disso, o smartphone vem se tornando um companheiro diário cada vez mais essencial (COOPER, 2013).

Um estudo recente utilizando um aplicativo para smartphone com feedbacks sonoros e táteis, por meio da vibração do dispositivo, que auxilia alunos cegos a observarem as mudanças de cores em um experimento químico chamado titulação, onde a mudança de cor de um líquido indica término da reação (BANDYOPADHYAY, RATHOD, 2017). O estudo que contempla o aplicativo usado na ciência se mostra muito similar a este trabalho, visto que a ação que ele avalia (a mudança de cor de um líquido, indicando o término de um experimento) é bastante corriqueira em laboratórios, e a presente pesquisa também tem foco nas ações corriqueiras do dia a dia.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal desta pesquisa foi utilizar estímulos táteis para melhorar a usabilidade do forno micro-ondas por usuários cegos. Nesse sentido, desenvolveu-se o Sistema Tátil WaveTactile, uma membrana de silicone com símbolos em relevo projetada para sobrepor o painel de um micro-ondas. A modificação desenvolvida, apesar de estar na fase de protótipo, obteve boa aceitação dos participantes. Os resultados nos testes de usabilidade da Tarefa #3, que possui maior nível de dificuldade, o grupo de videntes (GV), apresentou média maior de toques frente aos grupos de cegos (GCT), permitindo evidenciar que a solução proposta colabora na independência e autonomia do uso do forno micro-ondas de pessoas cegas.

Reitera-se que se faz valoroso o estudo e a contribuição na melhoria da usabilidade do forno micro-ondas, pois usando o sistema apresentado com as devidas adaptações, este pode ser utilizado em outros eletrodomésticos, contribuindo diretamente na inclusão e na acessibilidade de pessoas com deficiência visual severa, cegos, melhorando sua qualidade de vida. Os dados obtidos favorecerem o uso com a membrana tátil, visto que em desempenho melhoram a acessibilidade do produto. Na questão de fabricação, esses modelos poderiam ser impressos em *fablabs* de universidade pública, mas seria importante complementar o código tátil para compreender outros modelos de micro-ondas, visto que cada marca destaca diferente tipos de ações. Na questão viabilidade, poderia ser disponibilizado uma matriz com os principais elementos para ser feita conforme adaptações necessárias para cada modelo, em que cada fabricante poderia, dessa forma, aplicar a proposta. Em paralelo a este trabalho apresentado, está sendo desenvolvido um modelo em forma de aplicativo para o controle de eletrodomésticos a partir de smartphones; com esta proposta, espera-se também auxiliar na acessibilidade dos eletrodomésticos, explorando dessa vez o estímulo sensorial sonoro aplicado à tecnologia digital.

## REFERÊNCIAS

1. ACIC, ASSOCIAÇÃO CATARINENSE PARA INTEGRAÇÃO DO CEGO. Disponível em: https://acic.org.br/. Acesso em: 12nov.2020.

2. APPLE. Acessibilidade da Apple: Manual de introdução do VoiceOver. Disponível em: https://help.apple.com/voiceover/info/guide/10.12/?lang=pt-br. Acesso em: 12nov.2020.

3. BANDYOPADHYAY, S.; RATHOD, B. B. The Sound and Feel of Titrations: A Smartphone Aid for Color-Blind and Visually

Impaired Students. Journal of Chemical Education, v.94, n.7, p.946–949, 2017.

4. BERSCH, R. de C. R. Introdução à Tecnologia Assistiva. Porto Alegre. 2013. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 12nov.2020.
5. BRASIL. Decreto nº 5.296, dezembro 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acesso em: 12nov.2020.
6. BRASIL. Resolução nº 196, 10 de outubro de 1996. Conselho Nacional de Saúde (CNS). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/1996/res0196_10_10_1996.html. Acesso em: 12nov.2020.
7. BRASIL. Resolução nº 466, 12 de novembro de 2012. Conselho Nacional de Saúde (CNS). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html. Acesso em: 12nov.2020.
8. CLARKSON, P.J.; COLEMAN, R.; HOSKING, I.; WALLER, S., 2011. Inclusive Design Toolkit. Second Edition. Disponível em: http://www.inclusivedesigntoolkit.com. Acesso em: 20 nov 2020.
9. COLLIGNON, O. et al. Cross-modal plasticity for the spatial processing of sounds in visually deprived subjects. Experimental Brain Research, v.192, n.3, p.343-358, 2009.
10. COOPER, Belle Beth. 10 Surprising Social Media Statistics That Will Make You Rethink Your Social Strategy. In: Fast Company, 2013. Disponível em: https://www.fastcompany.com/3021749/10-surprising-social-media-statistics-that-willmake-you-rethink-your-social-stra. Acesso em: 12 nov 2020.
11. DUL, J.; WEERDMEESTER, B. Ergonomia prática. 3º Edição. São Paulo: Blucher, 2012.
12. GIBSON, James J. Observations on active touch. In: Psychological review, v. 69, n. 6, p. 477, 1962. Disponível em: http://wexler.free.fr/library/files/gibson%20(1962)%20observations%20on%20active%20tou ch.pdf. Acesso em: 12nov.2020.
13. GOOGLE. Ajuda do Acessibilidade no Android: Visão geral da acessibilidade do Android. Disponível em: https://support.google.com/accessibility/android#topic=6007234. Acesso em: 12nov.2020.
14. GUERREIRO, Tiago; JORGE, Joaquim; GONÇALVES, Daniel. Exploring the non-visual acquisition of targets on touch phones and tablets. 2nd Workshop on Mobile Accessibility, Mobile HCI. 2012. Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.725.4213&rep=rep1&type=pdf. Acesso em: 12nov.2020.
15. HOLLINS, Mark. Understanding blindness: An integrative approach. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1989.
16. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf. Acesso em: 12nov.2016.
17. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Nota Técnica 01/2018: Releitura dos dados de pessoas com deficiência no Censo Demográfico 2010 à luz das recomendações do Grupo de Washington. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/metodologia/notas_tecnicas/nota_tecnica_2018_01_censo2010.pdf. Acesso em: 15jun.2023.
18. ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9999:2016: Assistive products for persons with disability — Classification and terminology. Disponível em: https://www.iso.org/standard/60547.html. Acesso em: 12nov.2020.
19. KUMAR, Kaushlendra et al. Psycho acoustical Measures in Individuals with Congenital Visual Impairment. In: The international tinnitus journal, v.21, n.2, 2017.
20. LÖBACH, Bernd. Design industrial. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
21. MARTINIELLO, Natalie; WITTICH, Walter. AB098. Perceptual, motor and cognitive factors related to braille reading performance in aging: a scoping review. Annals of Eye Science, v.3, n.3, 2018.
22. MASON, Grant. The touch technology that's changing how operate appliences. Eletronics Product. Disponível em: https://www.electronicproducts.com/the-touch-technology-thatschanging-how-we-operate-appliances/#. Acesso em: 12nov2020.
23. MATERIALISED. Fused Deposition Modeling. Disponível em: https://www.materialise.com/en/manufacturing/3d-printing-technology/fused-depositionmodeling. Acesso em: 12nov2020.
24. MINARDI, Michael J.. Tactile symbols for color recognition. Depositante: Michael J. Minardi. US patente US 5286204 A. Depósito em: 15 fev. 1994. Disponível em: https://www.google.com/patents/US5286204. Acesso em: 12nov.2020.
25. MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. Ergonomia: conceitos e aplicações. 4. ed. ampl. Rio de Janeiro: 2AB, 2009.
26. NIELSEN, Jakob. Usability Engineering. San Diego: Morgan Kaufmann, 1993.
27. NORMAN, Don; NIELSEN, Jakob. The Definition of User Experience (UX). In: NN/g – Nielsen Norman Group, 2012. Disponível em: https://www.nngroup.com/articles/definitionuser-experience. Acesso em: 12nov.2020.
28. OCHAITA, Esperanza; ROSA, Alberto. Percepção, ação e conhecimento nas crianças cegas. 1995. Disponível em: https://www.diversidadeemcena.net/artigo03.htm. Acesso em: 12nov.2020.
29. OLIVEIRA, Ana Camila Rodrigues de; PINTO, Marcel de Gois; AMORIM, Janielle Mayse Guedes de; FERNANDES, Natanna Glenda Soares. Desenvolvimento de Etiquetas em Braille para Permitir o Uso de Equipamentos Eletrônicos por Pessoas com Deficiência Visual. XXXII
30. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. ABEPRO. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_tn_sto_157_913_20537.pdf. Acesso em: 12 nov.2020.
31. OLIVEIRA, Tainá A. Bueno de; NICKEL, Elton Moura; CINELLI, Milton José. Sistemas de Cores Táteis: Estudo Comparativo de suas Vantagens e Limitações para Pessoas com Deficiência, p. 1659-1670. São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/sistemas-de-cores-tteis-estudocomparativo-de-suas-vantagens-e-limitaes-para-pessoas-com-deficincia-25827. Acesso em: 12nov.2020.

32. OMS, Organização Mundial da Saúde. Blindness and vision impairment. 2020. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/blindness-and-vision-loss#tab=tab_1. Acesso em: 12nov.2020.

33. PALERMO, Elizabeth. Fused Deposition Modeling: Most Common 3D Printing Method. Live Science, 2013. Disponível em: https://www.livescience.com/39810-fused-depositionmodeling.html. Acesso em: 12nov.2020.

34. PHEASANT, Stephen; CHRISTINE, M. Haslegrave. Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work. Taylor & Francis, 2016.

35. REICHHELD, Fred; MARKELY, Rob. The Ultimate Question 2.0: How Net Promoter Companies Thrive in a Customer-Driven World. Revised an Expanded Edition. Harvard Business Review Press: 2011.

36. ROGERS, Y.; SHARP, H; PREECE, J. Design de Interação: Além da interação humanocomputador. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

37. RUBIN, Jeffrey; CHISNELL, Dana. Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests. John Wiley & Sons, 2008.

38. SANTOS NOGUEIRA AZEVEDO PIRES, Filipa.. Colour code for visually. impaired people. Depositante: Faculdade de Arquitectura. WIPO patente WO 2013137757 A1. Depósito em: 19 set. 2013. Disponível em: https://patents.google.com/patent/WO2013137757A1/en. Acesso em: 12 nov 2020.

39. SARDEGNA, Jill. The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment. Infobase Publishing, 2002.

40. TULLIS, Tom; ALBERT, Willian. Measuring the User Experience. 2. ed. Morgan Kaufmann: 2013.

41. VANKRINKELVELDT, Marc. Tactile symbols for colour recognition by blind or visually impaired persons. Depositante: Hyper Tactile Colour Code ASBL. EP patente EP1318494 A1. Depósito em: 11 jun. 2003. Disponível em: https://www.google.com/patents/EP1318494A1?cl=en&hl=pt-BR. Acesso em: 12.nov.2020.

42. VAROTSIS, Alkaios Bournias. Introduction to FDM 3D printing. In: 3dhubs. Disponível em: https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing/. Acesso em: 12nov.2020.

43. WALLER, S.; BRADLEY, M.; HOSKING, I.; CLARKSON, P.J.. Making the case for inclusive design. In: Applied Ergonomics, v.46, p.297-303, 2015.