



## See Color: Desenvolvimento de uma linguagem tátil das cores para pessoas com deficiência visual

### *See Color: Development of a tactile language of colors for visually impaired people*

Sandra Regina Marchi, Universidade Federal do Paraná

[marchi.sandra@gmail.com](mailto:marchi.sandra@gmail.com)

Bruna Brogin, SENAI Paraná

[brunabrogin@gmail.com](mailto:brunabrogin@gmail.com)

Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, Universidade Federal do Paraná

[marialuciaokimoto@gmail.com](mailto:marialuciaokimoto@gmail.com)

#### Resumo

A cor é um elemento que transmite informações, no entanto, milhares de pessoas no mundo não têm acesso a ela. Apresentam-se as etapas do desenvolvimento de uma linguagem tátil de cores, com o objetivo de possibilitar a identificação das cores pelas pessoas com deficiência visual. Esta abordagem é composta de elementos em formato tridimensional, com dimensões mínimas, inspirado no elemento principal do Sistema Braille, o ponto. Os códigos foram produzidos e experimentados em duas técnicas distintas: da Manufatura Aditiva (em PLA, ABS e resina acrílica) e na impressão em fusora. Os códigos das oito cores desenvolvidas foram testados em três tamanhos diferentes de acordo com especificações da NBR 9050. A Linguagem Tátil das Cores See Color foi testada com dezoito participantes e os resultados mostraram que as cores foram identificadas em um tempo médio de 18,5 segundos e com uma média de 82,86% de acertos.

**Palavras-chave:** Deficiência visual, cores, Design Inclusivo, Tecnologia Assistiva, acessibilidade.

#### Abstract

*Color is an element that conveys information, however, thousands of people in the world do not have access to it. The stages of development of a tactile color language are presented, with the objective of enabling the identification of colors by people with visual impairments. This approach is composed of elements in a three-dimensional format, with minimal dimensions, inspired by the main element of the Braille System, the dot. The codes were produced and tested in two different techniques: Additive Manufacturing (in PLA, ABS and acrylic resin) and in fuser printing. The codes of the eight colors developed were tested in three different sizes according to NBR 9050 specifications. The Tactile Language of See Color Colors was tested with eighteen participants and the results showed that the colors were identified in an average time of 18.5 seconds. and with an average of 82.86% of correct answers.*

**Keywords:** Visual impairment, colors, Inclusive Design, Assistive Technology, accessibility.





## Introdução

Pessoas com deficiência visual podem enxergar mal ou não enxergar, resultante de doença funcional dos olhos. Segundo o Decreto nº 5.296/2004

Deficiência visual: cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores (BRASIL, 2004).

O foco desta pesquisa são as pessoas com deficiência visual. Dentre as deficiências declaradas (física, visual, auditiva, mental, múltipla) esta é a mais comum, atingindo 3,5% da população dentre as deficiências investigadas pelo IBGE (2016). Do total de casos de cegueira, 90% ocorrem em países emergentes e subdesenvolvidos (MACHADO; KEIM, 2014; IAPB, 2018; STOA, 2018).

Com relação aos desafios encontrados por pessoas com deficiência visual, a acessibilidade à cor é uma limitante das atividades da vida diária, sendo uma barreira no vestir, nas compras, no uso de medicações, em jogos, na identificação de obras de arte, no entendimento de histórias de livros infantis (GUIMARÃES, MOURA e DOMICIANO, 2021), entre outros.

Segundo Santos (2008), Pires (2011), Monroy (2012), Ramsamy-Iranah et al. (2016) e Sagawa, Okudera e Ashizawa (2019) a cor é um elemento fundamental da vida humana e está presente em tudo que nos rodeia. Ela possibilita identificar objetos e é um meio essencial da comunicação, através do qual se expressam sensações e sentimentos.

Na ausência da visão, da audição ou da propriocepção, a percepção através do tato é a principal alternativa utilizada. O tato é o único sentido a ajustar as dimensões espaciais e temporais em um único canal sensorial. A resolução da sensibilidade tátil pode ser considerada como a mínima separação necessária entre dois pontos de estimulação para que sejam diferenciados simultaneamente através de um único toque (SCHMIDT, 1980).

Os sistemas de linguagem tátil, como o Braille, existem para dar suporte à comunicação para pessoas com deficiência visual. Contudo, para Ramsamy-Iranah et al. (2016), não é o idioma ideal para comunicar as cores pelo fato de as palavras ficarem longas quando escritas. Algumas pessoas com deficiência visual, principalmente aquelas que adquiriram a cegueira com idade avançada, optam em não aprender Braille, devido a fatores envolvidos em uma nova alfabetização, precisando, assim, de um esquema tátil de fácil compreensão que lhes indiquem as cores.

Pesquisadores desenvolveram códigos de cores táteis para atender a esta carência (PIRES, 2011; MONROY, 2012; TODD, 2018; SANTOS, 2018; RAMSAMY-IRANA et al, 2016), embora fundamentados em requisitos pedagógicas, os códigos criados apresentam limitações de ordem prática que impossibilitam os seus usos em pequenas dimensões (por exemplo na aplicação em lápis de cor) e denotam limitações para especificar uma gama maior de cores (MARCHI et al. 2018).

Tendo em vista a carência de uma linguagem de cores acessível as pessoas com deficiência visual, esta pesquisa objetiva: O desenvolvimento de uma linguagem tátil de cores de pequenas

proporções que possibilite a leitura por pessoas cegas e com baixa visão, bem como a realização de testes com participantes que mostrem a eficácia no reconhecimento das cores por meio dos códigos criados.

## Sistemas Cromáticos Táteis na Literatura

A pesquisa de Marchi et al (2018) apontou a existência de cinco principais sistemas de códigos de cores ao redor do mundo, que são apresentados na figura 1. O de Pires (2011) é baseado em formas geométricas, o Sistema Constanz (MONROY, 2012) é baseado em linhas e círculos, o Todd (2018) em formas geométricas e letras, o de Santos (2008) é baseado em linhas e triângulos, e o de Ramsamy-Iranah et al. (2016) é baseado em formas diversas.

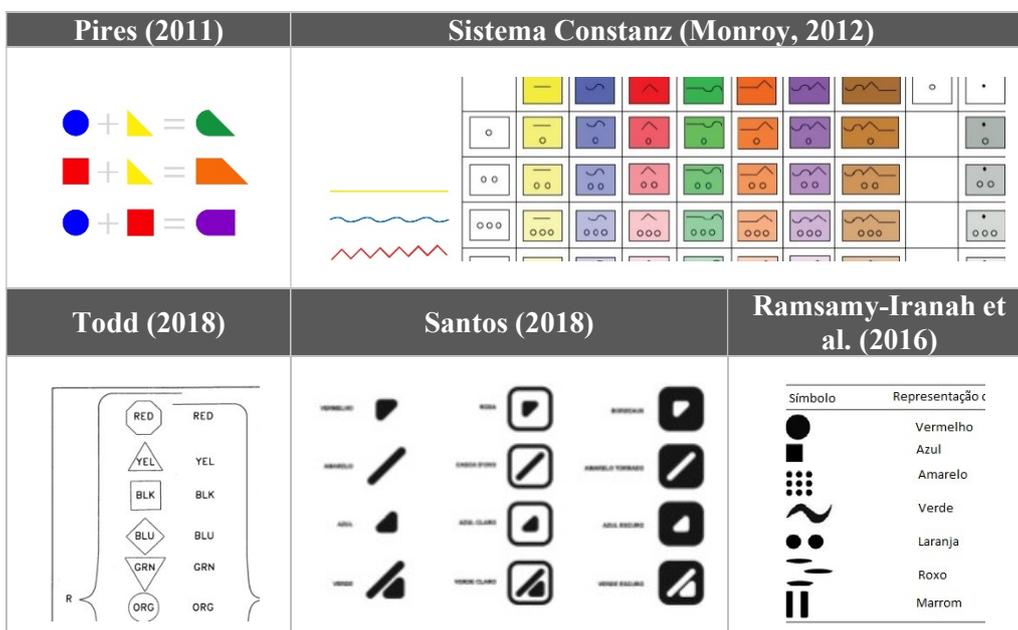


Figura 1: Fragmentos dos símbolos utilizados nos cinco sistemas cromáticos táteis identificados na literatura.  
Fonte: Marchi et al. (2018, p. 9).

Além destes sistemas de códigos, algumas soluções de Tecnologias Assistivas para a identificação de cores por pessoas com deficiência visual têm sido desenvolvidas, como por exemplo, audiodescriptores e aplicativos (BHOWMICK; HAZARIKA, 2017). Embora fáceis de utilizar, estes meios de identificação digital necessitam do domínio de uma tecnologia a qual nem todos têm acesso, como por exemplo, crianças, idosos, pessoas sem *smartphones* (PIRES, 2011).

Marchi et al. (2018) destaca alguns critérios para desenvolvimento de sistemas de códigos cromático para pessoas cegas ou com baixa visão, são eles:

1. Ter associação com a Teoria das Cores (cores primária, secundárias e terciárias);
2. Utilizar representações táteis com dimensões e relevos obedecendo as normas já estabelecidas (Braille);



3. Ser passível de aplicação em qualquer tipo de objeto considerando o menor tamanho possível de percepção e identificação tátil (BRASIL, 2006; OMS, 2014);
4. Considerar elementos morfológicos (pontos, linhas, texturas, volume e áreas);
5. O reconhecimento, a legibilidade e a discriminação dos símbolos precisam ser levados em conta para verificar a possibilidade de utilização em produtos, tornando a informação acessível (LOOMIS e LEDERMAN, 1986; RAMSAMY-IRANAH et al., 2016);
6. Ter uma escala cromática ampla;
7. Ser entendido universalmente, conforme os preceitos do Design Universal (CUD, 2014).

## **Materiais e Métodos**

A caracterização da pesquisa aponta para uma pesquisa de natureza aplicada, onde testes preliminares foram realizados para avaliação inicial do desenvolvimento de uma linguagem tátil de cores. A forma de abordagem é qualitativa, onde a composições de elementos táteis serão testados a fim de indicar o aperfeiçoamento de uma linguagem tátil de cores adequada ao uso por pessoas com deficiência visual.

Os objetivos desta pesquisa são descritivos, ou seja, visaram descrever os procedimentos realizados para se chegar a uma linguagem tátil de cores desenvolvida a partir de critérios pesquisados anteriormente. Os procedimentos técnicos perpassaram a pesquisa bibliográfica, que foi realizada em bases de dados e na internet com os termos “código de cores”, “linguagem tátil de cores” e “sistemas de comunicação universal”, com os termos em português e inglês. Foram realizadas diversas experimentações, inicialmente com materiais simples e posteriormente com materiais tecnológicos, visando o desenvolvimento da linguagem tátil e sua aplicação em uma superfície adequada ao reconhecimento por usuários com deficiência visual.

Esta pesquisa foi realizada em quatro etapas, a primeira (1º) foi o estudo de sistemas e métodos que embasassem o desenvolvimento da linguagem tátil de cores; o segundo (2º) o desenvolvimento de mockups artesanais para definir a linguagem tátil de cores e pré-teste com três participantes; a terceira (3º) foi o aperfeiçoamento da solução desenvolvida por meio de materiais de alta resolução e qualidade; a quarta (4º) etapa foi o teste da versão final dos códigos com dezoitoparticipantes para avaliação da linguagem tátil desenvolvida.

Para as mockups iniciais foram usadas bolas de isopor, palito de madeira e tinta. Para o material finalizado da Linguagem Tátil das Cores foi utilizada a impressora 3D com filamento de PLA (Ácido Polilático), ABS (AcrilonitrilaButadieno Estireno), resina acrílica e papel microcapsulado impresso em fusora.

Os três participantes do pré-teste foram (etapa 2):

- Homem com 27 anos, com cegueira adquirida, sem conhecimento do Braille.
- Homem com 53 anos, com cegueira adquirida, alfabetizado em Braille.
- Mulher com 32 anos com cegueira adquirida, alfabetizada em Braille.



Os dezoito participantes da avaliação da linguagem tátil das cores desenvolvida foram (etapa 4):

- Gênero e idade: Nove homens e nove mulheres com idades entre 25 e 64 anos.
- Nível de visão: Quatro participantes com cegueira congênita, sete com cegueira adquirida, três com baixa visão e quatro participantes com visão normal (utilizando-se de vendas nos olhos).
- Instrução em Braille: Doze participantes tinham instrução em Braille (quatro participantes com cegueira congênita, cinco participantes com cegueira adquirida, dois participantes com baixa visão, um participante com visão normal).

Os procedimentos para o teste da etapa quatro foram padronizados com todos os participantes. Os códigos nas diferentes cores foram ensinados pelas pesquisadoras de maneira igual para todos os participantes, que manuseavam os triângulos cromáticos, o eixo e os códigos o quanto queriam até entenderem e formarem seu mapa mental sobre a posição das cores. Enquanto isso o tempo era cronografado, e finalizado quando o participante informava que já havia entendido a linguagem tátil.

Para os experimentos, foram feitas 3 réplicas programadas, e em cada réplica (sequência) foram apresentados 4 códigos de diferentes cores em plaquinhas transparentes de resina com somente um código, arranjados em ordem aleatória para testar a facilidade de identificação do código pelos participantes e possibilitar obter a média.

O cronógrafo era iniciado, o participante avaliava cada plaquinha pelo tempo que queria até identificar e dizer espontaneamente a cor, então o cronógrafo era parado. As pesquisadoras anotavam os dados em um protocolo de pesquisa. Cores descritas de maneira errada eram anotadas e não avisadas aos participantes, que não tinham outra chance de identificação da cor. A eficácia foi medida pelo acerto/ erro da cor pelo participante, e a facilidade de identificação das cores foi medida pelo tempo gasto na identificação do código.

O cronógrafo foi utilizado para medir o tempo em segundos. Os experimentos foram seguidos de breve questionário para algumas informações sobre o participante e suas percepções sobre os códigos. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento de Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

## Resultados

Na primeira (1<sup>o</sup>) etapa realizou-se o estudo de sistemas e métodos que embasassem o desenvolvimento da linguagem tátil de cores. Pode-se destacar que o sólido tridimensional de Munsell (figura 2b) serviu de apoio e orientação para o desenvolvimento inicial. Este sistema foi construído através das variáveis de análise de cor: valor, matiz e croma, sendo a representação tridimensional das cores definidas por meio de um sistema de coordenadas cilíndricas e escalas de valores neutros como eixo vertical, compreendendo no matiz as diversas seções do círculo em torno do eixo, e no croma as distâncias que vão dos círculos extremos até o centro (figura 2a e 2b) (PEDROSA, 1995; SILVEIRA, 2015).

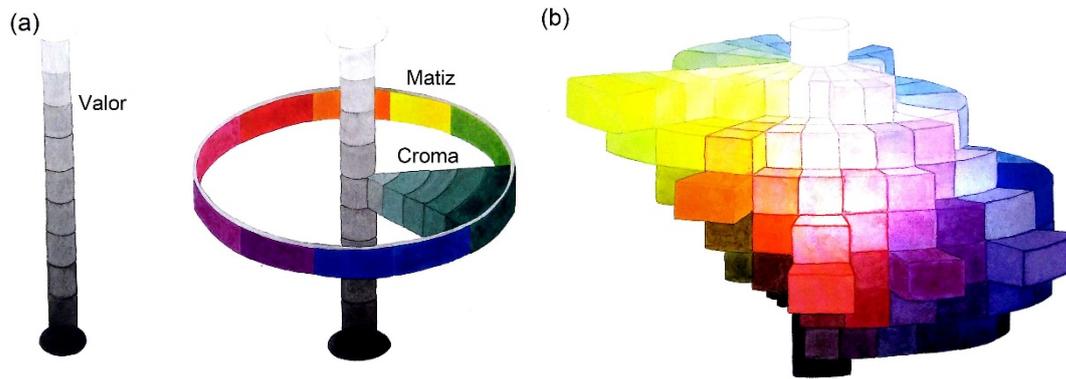


Figura 2: Representações tridimensionais de Munsell.  
Fonte: Adaptado de Silveira (2015, p.64-65).

O estudo do Sistema Braille foi inspiracional para a criação desta linguagem tátil das cores, devido a possuir um alfabeto tátil desenvolvido com foco nas necessidades de pessoas cegas. O fato de o Braille já ter estabelecido o “ponto” como elemento básico, com dimensões que possibilitam a percepção com o toque da “polpa” de um único dedo (ABREU et al., 2018) foi de grande valia para criação da linguagem tátil das cores.

Conforme Adam (2015), o ponto e a linha são os principais componentes gráficos das imagens táteis, são elementos que constituem qualquer representação gráfica tátil e visual. A autora salienta que o ponto normalmente não é utilizado sozinho em representações táteis, sendo que a linha aparece regularmente. Os estudos de Gual, Puyelo e Lloveras (2012) evidenciaram que o “ponto”, a “linha” e a “área” são os três elementos morfológicos ideais para a construção de símbolos táteis para pessoas com deficiência visual.

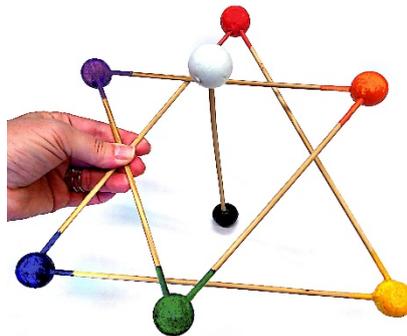
Outra premissa foi a necessidade de que esta linguagem tátil das cores precisava ser construída atendendo aos preceitos do Design Universal, como já constatado por outros pesquisadores (KAWAUCHI, 2001; KEATES, CLARKSON, 2003; PLOS et al., 2012; LIN, WU, 2015; VILLORIA, FUENTES, 2015), ou seja: uso equitativo, flexibilidade no uso, uso simples e intuitivo, informação perceptível, tolerância ao erro, baixo esforço físico, tamanho e espaço para aproximação e uso.

Apoiadas na revisão bibliográfica e em conjunto com os critérios levantados para a construção de uma linguagem tátil das cores, iniciou-se todo o processo de desenvolvimento criativo para transformar a cor, um fenômeno particular da percepção visual, acessível à percepção tátil, tendo como partida as bases conceituais de representação através da forma e do volume (VASCONCELOS, 1996; LOOMIS; LEDERMAN, 1986; GARDINER; PERKINS, 2002; PIRES, 2011; GUAL, PUYELO, LLOVERAS, 2015).

Após as análises do sistema Braille, do sólido de Munsell, das leituras da etapa um, e da realização de rascunhos de desenhos, as pesquisadoras perceberam a necessidade de trabalhar com materiais com volume, a fim de aproximarem-se da realidade das pessoas com deficiência visual. Para realização de mockups, na segunda (2º) etapa, utilizaram-se materiais simples, como bolinhas de isopor, palitos de madeira e tintas para a construção de estruturas tridimensionais coloridas. As bolinhas de isopor foram pintadas com as cores primárias

(amarelo, vermelho e azul) e cores secundárias (lilás, verde e alaranjado). Este meio foi empregado inicialmente para manipular e pensar a cor através de formas palpáveis.

A partir da Teoria da Cor, observou-se com mais cuidado o conjunto das três cores primárias, o qual é representado pelo triângulo cromático, instrumento muito utilizado pelos artistas que trabalham com substâncias corantes (SILVEIRA, 2015). Com a sobreposição dos dois triângulos (triângulo de cores primárias e triângulo de cores secundárias), formou-se um hexágono, e com as cores branco e preto à parte formando o eixo, que por serem cores neutras não pertencem aos triângulos cromáticos, mas a uma escala de graduação tonal (figura 3).



**Figura 3:** Mockup formada pelo triângulo cromático de cores primárias (amarelo, azul e vermelho), triângulo cromático de cores secundárias (verde, lilás e alaranjado) e eixo com cores neutras (branco e preto).  
FONTE: Marchi (2019, p. 152).

Na literatura verificou-se que a posição das cores nos triângulos cromáticos varia de autor para autor. No entanto, para o desenvolvimento da linguagem tátil de cores percebeu-se a necessidade de assumir um parâmetro fixo para que os usuários com deficiência visual pudessem criar um mapa mental com a posição das cores. Estipulou-se que no triângulo das cores primárias, o vermelho estaria localizado no ápice do triângulo (para cima), enquanto que o azul, no lado esquerdo da base do triângulo e o amarelo no lado direito (conforme figura 3).

O triângulo cromático de cores secundárias, formadas pela mistura de cores primárias, é colocado invertido sobre o primeiro triângulo, acompanhando a sequência do triângulo de cores primárias. Sendo que, entre o vermelho e o azul está o lilás, entre o azul e o amarelo, o verde, e entre o amarelo e o vermelho, o alaranjado (conforme figura 3).

Para as cores preto e branco, uma haste em sentido horizontal onde na ponta esquerda posicionou-se o preto e na ponta direita o branco, está representado o eixo central na escala de saturação conforme o Sistema Munsell (PEDROSA, 1995; SILVEIRA, 2015). Na figura 3 a haste está na vertical, mas as pesquisadoras perceberam a necessidade de usá-la na horizontal, sobre os triângulos, facilitando o ensino dos usuários sobre uma mesa que apoie o material a ser tateado.

Definiram-se os elementos morfológicos para serem utilizados na linguagem tátil das cores. Estes elementos foram escolhidos conforme indicava a literatura, sendo os mais simples possíveis, possibilitando, também, atender aos requisitos do Design Universal: o “ponto”, a “linha” e o “relevo”. De acordo com Loomis e Lederman (1986), Gual, Puyelo e Lloveras (2012), Lupton e Phillips (2015), Adam (2015) e Adam et al. (2018), para que uma imagem

cumpra seu papel comunicativo para usuários cegos faz-se necessário que seus componentes (ponto, linha, formas, escala, direção, relevo, movimento) sejam planejados para este fim.

Com os elementos escolhidos, juntamente com os triângulos cromáticos, partiu-se para a definição da forma do código no seu todo. Assim, foram definidos oito elementos codificados para representar as cores primárias (vermelho, azul e amarelo), as cores secundárias (lilás, verde e alaranjado), e as cores neutras (branco e preto). E por meio de rascunhos e dos mockups chegou-se ao ideal de: um ponto central e um traço que indique a posição da cor dentro dos triângulos cromáticos.

Em seguida percebeu-se a necessidade de estabelecer um elemento para indicar o posicionamento de leitura do código na superfície sobre a qual o código deveria ser apoiado, a fim de que os usuários soubessem, ao manusear os triângulos e o eixo, como posicionar sempre as cores na mesma posição, obedecendo o mapa mental idealizado. Deste modo, algumas alternativas foram previstas para serem testadas com usuários, como por exemplo: possibilidade de utilizar ponto ou linha em relevo, diferentes posições deste elemento (acima, abaixo ou nas laterais de cada código, figura 4).

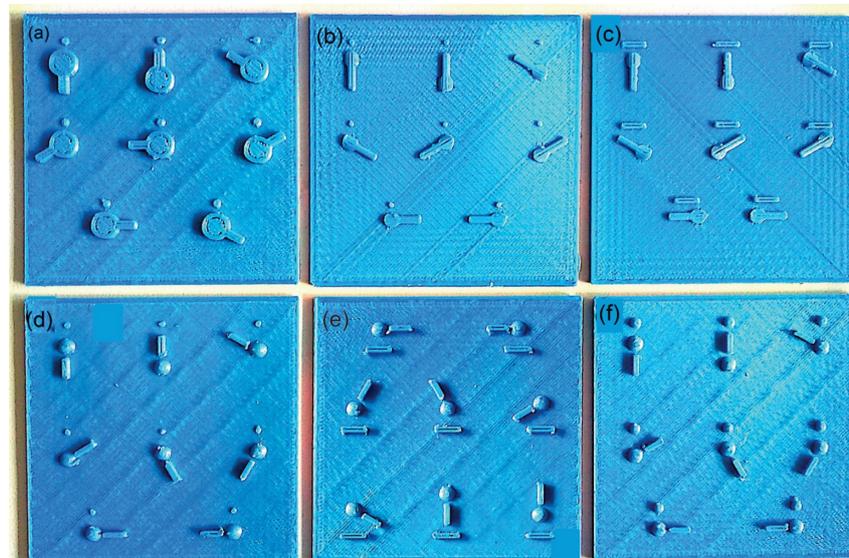


Figura 4: Ideias para os códigos e (figura 4.e) modelo escolhido para os códigos, utilizando um ponto central, uma linha saindo do ponto e uma linha indicando a posição base (sempre abaixo do código).  
Fonte: Adaptado de Marchi (2019, p. 155).

Após um pré-teste com três participantes que manusearam a mockup percebeu-se a necessidade de colocar uma linha abaixo do símbolo que aponta a cor. Já se tinha conhecimento, a partir das pesquisas de Adam (2015), que a linha em relevo era o elemento gráfico aconselhável como meio de orientação quando se trata de material para a utilização por pessoas com deficiência visual, e após o contato dos participantes com o material, eles reiteraram a necessidade da utilização da linha em relevo para marcar o posicionamento.

O pré-teste foi utilizado para definir o formato físico do código. Depois de os três participantes testarem seis diferentes combinações entre “pontos” e “linhas” (figura 4), e darem *feedback*, foi definido que: o código seria constituído de um “ponto central”, seguido de uma “linha” que parte do “ponto” (indicadora da cor, ou seja, onde estaria a bolinha com aquela cor

na mockup), com espaço para afastamento entre ambos (ponto central e linha), e uma “linha” situada abaixo do código, sempre indicando ser a base para este, ou o posicionamento (figura 4.e).

Neste estágio do desenvolvimento foi necessário aperfeiçoar o design, definindo as medidas dos elementos dos códigos, ou seja, altura, largura e profundidade do ponto e do traço utilizados. Segundo Gardiner e Perkins (2002), Gual, Puyelo e Lloveras (2014) e Adam (2015), a facilidade de distinguir símbolos táteis se dá por meio do projeto que leve em consideração um tamanho adequado, as formas simples e os símbolos contrastantes com diferenças em termos de altura, textura e a concavidade ou convexidade do relevo. A partir disso as pesquisadoras voltaram-se novamente ao estudo do Braille, bem como à NBR 9050 (ABNT, 2015) na busca de critérios e parâmetros para aprimorar a composição de cada código de cores.

O Sistema Braille serviu como parâmetro de tamanho para as dimensões, pois o ponto é o elemento fundamental do Braille e o elemento central de cada código de cores que forma a linguagem tátil. O Sistema Braille é formado por um conjunto de seis pontos numerados verticalmente de cima para baixo e da esquerda para a direita. Três pontos formam a coluna esquerda e outros três pontos formam a coluna direita, e as duas colunas de três pontos formam cela Braille (ABREU et al., 2018).

Altura e diâmetro do ponto central do código de cores foram baseados na altura e diâmetro do ponto do Braille, segundo a normas da NBR 9050 (ABNT, 2015). A altura de relevo da linha que indica a cor, está em conformidade com a altura do ponto. A distância entre o ponto central e o traço do código de cor está de acordo com a distância que há entre os pontos de uma coluna vertical da célula Braille. O comprimento da linha do código de cores tem a medida da distância de um ponto até o próximo da coluna vertical da célula Braille (figura 5).

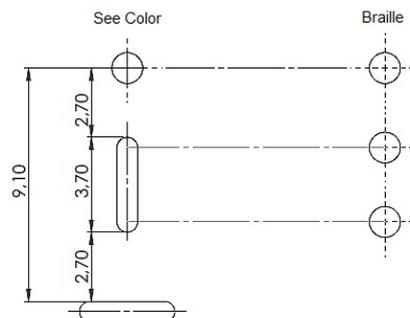


Figura 5: Sistema Braille como parâmetro para as dimensões dos elementos dos códigos de cores táteis (ponto e linha).  
Fonte: Marchi (2019, p. 164).

Segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015) um sistema de comunicação deve ser objetivo, autoexplicativo, perceptível e legível para todos. Quando tátil, as informações devem conter alto relevo e requerem bom controle dimensional, contraste tátil, contornos fortes e bem definidos, simplicidade nas formas e poucos detalhes, estabilidade da forma, altura do relevo de 0,6 mm a 1,20 mm, e utilização de símbolos seguindo padrão internacional.

Deste modo, baseando-se na NBR 9050 (ABNT, 2015) definiram-se as dimensões de cada código para três tamanhos: pequeno, médio e grande (P, M, G) (figura 6), com medidas

aproximadas ao Braille especificadas na norma com 0,6 a 0,8 mm de altura e 1,2 a 2 mm de diâmetro para o “ponto”. Os elementos (ponto e linhas) foram projetados com formas esféricas e arestas arredondadas conforme a norma para o Braille.

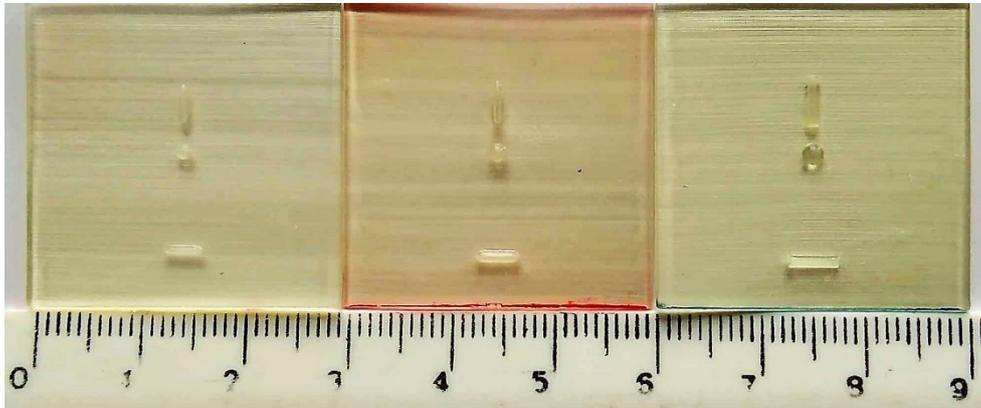


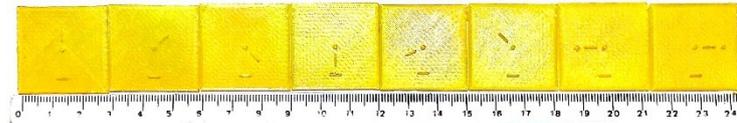
Figura 6: Código representando a cor vermelha nos tamanhos P (1,6x0,37 cm), M (1,7x0,43 cm) e G (1,8x0,47) em resina acrílica dentro de quadrados de 3x3 cm.  
Fonte: Marchi (2019, p. 168).

A concepção da linguagem tátil das cores pode ser entendida como a lógica de ponteiros de um relógio. Por exemplo: 12h o vermelho, 2h o laranja, 4h o amarelo, 6h o verde, 8h o azul e 10h o lilás. Todos os códigos têm um ponto, como no relógio, posicionado no centro como um eixo central e, um traço, que funciona como o ponteiro (figura 7). As cores neutras estão posicionadas como os minutos, sendo 15 minutos (branco) e 45 minutos (preto) do relógio.



Figura 7: Hexágono cromático e o formato do relógio com os códigos de cores.  
Fonte: Adaptado de Marchi (2019, p. 167).

Já na terceira (3<sup>o</sup>) etapa desta pesquisa, após decidido o modelo e com os desenhos técnicos prontos, os códigos foram confeccionados por meio da manufatura aditiva, utilizando diferentes impressoras 3D, com filamentos em PLA, resina acrílica e ABS. Utilizando uma fusora os códigos foram, também, desenvolvidos em relevo no papel. O material ABS foi descartado, pois não obteve qualidade para detalhes. Os outros materiais apresentaram legibilidade conforme a especificada pela NBR 9050 (ABNT, 2015), após confeccionados em placas de formatos quadrados em tamanhos de 3 x 3 cm (figura 8), contendo um código em cada placa, cada código representando uma cor, impressos separadamente em PLA, resina e papel, e nos tamanhos do código P, M e G para os três materiais.



**Figura 8: Códigos de core em PLA – Tamanho P**  
Fonte: Marchi (2019, p. 168).

Iniciou-se a quarta etapa (4º) com a experimentação dos códigos com dezoito participantes. Eles testaram a configuração final dos códigos no tamanho P e em resina. A resina foi escolhida como material ideal para impressão dos códigos, indo ao encontro das informações de Keates (1982), que sugeriu que as propriedades do material, tal como rugosidade e absorção, também podem afetar a facilidade com a qual a informação pode ser extraída, influenciando a velocidade com que o utilizador pode mover os dedos.

Nos resultados o tempo de aprendizagem do código foi maior para o sexo feminino, que gastou o tempo médio de 18,95 minutos, enquanto o sexo masculino o tempo médio foi de 15,88 minutos. Comparando o percentual de acerto do código de cores, o sexo masculino é de 88%, enquanto que para o sexo feminino é de 77,8%.

Após o aprendizado iniciou o teste de identificação das cores, onde cada participante recebia um código por vez na mão e devia identificar a cor pelo tato, enquanto o tempo era cronografado. Cada participante avaliou doze códigos, tendo-se 82,86% de acertos. Os resultados indicam que os participantes com cegueira congênita tiveram mais facilidade no processo de compreensão dos códigos. Em média demoraram 787,8 segundos, enquanto pessoas de visão normal demoraram em média 847 segundos, participantes com baixa visão 1039,3 segundos, e participantes com cegueira adquirida 1307,6 segundos.

Estes resultados vão ao encontro das pesquisas de Pitano e Noal (2018), que enfatizaram a capacidade de representação mental de cegos congênitos a objetos e fenômenos buscando explicá-los, pois, a perspectiva abstrata predomina nestes indivíduos, oriunda de processos de relação e conexão entre pensamento, imaginação e memória.

A média geral de reconhecimento dos códigos de cores entre os quatro grupos de visão foi de 18,5 segundos. Foi observada uma grande variabilidade de tempo entre os dezoito participantes, indo de 563 segundo a 2280 segundos. Os participantes com cegueira congênita demoraram em média 27,5 segundos para o reconhecimento de cada código, com cegueira adquirida 19,2 segundos, com visão normal utilizando venda 15,2 segundos, e com baixa visão 12,4 segundos para reconhecimento.

Estes testes levaram a três hipóteses:

- Hipótese 1: O grupo dos participantes cegos congênitos gastou mais tempo para identificar a cor através do código, provando que a cor para uma pessoa cega congênita, exige



mais esforço de compreensão e memorização do código do que para uma pessoa com cegueira adquirida, que ainda mantém certa lembrança da cor.

- Hipótese 2: Esta característica se mantém entre os participantes com cegueira adquirida e os de baixa visão. Como os códigos testados eram incolor (resina translúcida), este fator não favoreceu aos indivíduos de baixa visão, embora o resquício visual que lhes permite ver as cores no dia a dia favoreça a formação do mapa mental das cores.

- Hipótese 3: Os participantes de visão normal apresentaram dificuldade maior que os de baixa visão, talvez pela falta de habilidade tátil, que é mais desenvolvida nas pessoas com baixa visão.

A linguagem tátil desenvolvida foi chamada de See Color, um nome em inglês que significa “ver a cor” (tradução livre), indicando a possibilidade de pessoas com deficiência visual sentirem a cor por meio do tato. Este trabalho, que é parte de uma pesquisa de doutorado, tem sido divulgado por meio de material científico e pela internet no site: <https://seecolor.com.br/>.

## Considerações Finais

Com vista em contribuir para a acessibilidade da informação das cores às pessoas com deficiência visual, desenvolveu-se uma linguagem tátil de cores com oito diferentes códigos, sendo três para as cores primárias: vermelho, azul e amarelo; três para as cores secundárias: verde, laranja e lilás; e dois para as cores neutras: preto e branco.

A linguagem desenvolvida foi baseada na representação tridimensional de Munsell, nos elementos ponto e linha e na norma da NBR 9050 para o Braille. Cada código é composto por um ponto central, uma linha que indica a direção da cor no triângulo cromático, e uma linha que indica a posição base do código.

Os primeiros mockups desenvolvidos em isopor e madeira foram testados com três usuários e aprovados em sua eficácia, pois os participantes conseguiram identificar as cores. Os códigos foram aperfeiçoados, sendo impressos tridimensionalmente em diferentes materiais (PLA, ABS, resina acrílica e papel) e tamanhos para cada código (pequeno, médio e grande).

Os testes desta linguagem tátil de cores com dezoito participantes indicam simplicidade das formas, associadas à Teoria da Cor, o que facilita o aprendizado e memorização dos códigos como, também, o entendimento da formação das tonalidades de cores (secundárias, cores neutras), ou seja, este método desenvolvido auxilia no aprendizado da Teoria da Cor. A pequena dimensão do código (1,6x1,6 cm no P a 1,8x1,8 no G) permite a aplicação em praticamente qualquer superfície, sendo uma alternativa prática para a identificação da cor, uma ferramenta para guiar os indivíduos com deficiência visual no conhecimento e escolha de cores de objetos, tanto na área da moda, da educação, da cultura, da higiene, da saúde, dentre outros.

O sistema de linguagem tátil desenvolvido mostrou-se eficaz em seus testes preliminares, apresentando 82,86% de acertos, possibilitando a compreensão das cores pelos participantes em um tempo médio de 18,5 segundos.



Pesquisas futuras podem focar na ampliação da quantidade de cores, apresentando cores mais claras e escuras, bem como realizar uma pesquisa sistematizada com mais participantes com diferentes tipos de deficiência visual (cegos congênitos, com cegueira adquirida, pessoas com baixa visão) e com pessoas sem deficiência visual, buscando resposta para as hipóteses levantadas ao fim da etapa quatro, bem como avaliando cada uma das premissas do Design Universal para a linguagem criada.

## Agradecimento

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

## Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ABREU, E. M. A. C. et al. **Braille!?** O que é isso? São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2018.

ADAM, D. L. **Premissas de Criação de Imagens em Relevo em Objetos de Aprendizagem para Cegos.** Dissertação (Mestrado em Design em Sistemas de Informação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

ADAM, D. L.; SMYTHE, K. C.A.S.; OKIMOTO, M. L. L. R.; SPINILLO, C. G. Verificação da aplicabilidade de ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de imagens táteis para pessoas cegas. In: PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. **Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento – II.** 1. Ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2018. p. 229-238.

BHOWMICK, A.; HAZARIKA, S. M. An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends. **Journal on Multimodal User Interfaces**, v.11, n. 2, p. 1-24, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Grafia Braille para a Língua Portuguesa.** Cerqueira, J. B. et al. Secretaria da Educação Especial. Brasília: SEESP, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/grafiaport.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2017.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Decreto Nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm)>. Acesso em 12 jan. 2021.

CUD - CENTER FOR UNIVERSAL DESIGN **Universal Design.** Disponível em:

<<http://www.ncsu.edu/project/design-projects/udi/center-for-universal-design>>. Acesso em: 11 set. 2014.

GARDINER, A.; PERKINS, C. **Best practices guidelines for the design, production and presentation of vacuum formed tactile maps.** 2002. Disponível em: <<http://www.tactility.co.uk/tactileguidelines/page1.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2014.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. The effect of volumetric (3D) tactile symbols within inclusive tactile maps. **Applied Ergonomics**, 48C, 2015.



GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. Analysis of Volumetric Tactile Symbols Produced with 3D Printing. *In: ACHI 2012: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN COMPUTER-HUMAN INTERACTIONS*, 15, 2012. **Anais [...]** Valência, Espanha: Universidad Politecnica de Valencia, 2012. p. 60-67.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. Three-dimensional Tactile Symbols Produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key. **British Journal of Visual Impairment**, v. 32, n. 3, p. 263–278, 2014.

GUIMARÃES, M. J. S.; MOURA, M.; DOMICIANO, C. L. C. Ver pelo tato: contribuição do Design Inclusivo na formação de imagens mentais. **Estudos em Design Revista** (online). Rio de Janeiro: v. 29, n. 3, p. 161, 2021.

IAPB - THE INTERNATIONAL AGENCY FOR THE PREVENTION OF BLINDNESS. **Vision 2020: The Right to Sight**. Disponível em: <<https://www.iapb.org/vision-2020/>>. Acesso em: 11 set. 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: resultados preliminares**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2016.

KAWAUCHI, Y. **Universal Design: A Reconsideration of Barrier-Free**. Kyoto, Japão: Institute for Human Centered Design, 2001. p. 978-476.

KEATES, J. S. **Understanding maps**. New York: Halsted Press, 1982.

KEATES, S.; CLARKSON, J. **Countering Design Exclusion: an Introduction to Inclusive Design**. Springer, London, 2003.

LIN, K.-C.; WU, C.-F. Practicing universal design to actual hand tool desingprecess. **Applied Ergonomics**, v. 50, p. 8-18, 2015.

LOOMIS, J. M.; LEDERMAN, S. J. Tactual perception. *In: Handbook of perception and human performance*, v. II. New York, NY: John Wiley, 1986. Cognitive processes and performance, p. 1– 41.

LUPTON, E.; PHILLIPS, J. C. **Novos fundamentos do design**. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

MACHADO, A.; KEIM, E. J. **Educação Museal: O Museu no Contexto da Pessoa Cega e com Baixa Visão**. **Revista Benjamin Constant**. Rio de Janeiro, ano 20, v. 1, n. 57, p. 21-37, 2014.

MARCHI, S. R. **Design Universal de Código de Cores Tátil: Contribuição de Acessibilidade para Pessoas com Deficiência Visual**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MARCHI, S. R.; SMYTHE, K. C. A. S.; OKIMOTO, M. L. L. R.; PAREDES, R. S. C. Critério para desenvolvimento de sistema de código cromático para pessoas cegas ou com baixa visão. *In: PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. (Org.). Tecnologia Assistiva - Estudos Teóricos*. 1ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2018. v. 1, p. 341-349.

MONROY, C. B. **Sistema Constanz: Lenguagem del Color para Ciegos**. Espanha: Parnass. 2012.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Priority eye diseases: Main causes of visual impairment**. 2014. Disponível em: <<http://www.who.int/blindness/causes/priority>>. Acesso em: 11 abril 2018.

PEDROSA, I. **Da Cor à Cor Inexistente**. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial Ltda, 1995.



PITANO, S. C.; NOAL, R. E. Blindness and mental representation of knowledge by concepts: Comparison between congenital and acquired blind people. **Educação Unisinos**, v. 22, n. 2, p.128-137, 2018.

PLOS, O. A. B. *et al.* Universalist Strategy for the Design of Assistive Technology. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v 42, p. 533-541, 2012.

PIRES, F. N. **Código de Cor para Pessoas com Deficiência Visual**: caso de estudo com crianças dos oito aos dez anos de idade - FO.CO. Dissertação (Mestrado em Design do Produto), Faculdade de Arquitectura Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011.

RAMSAMY-IRANAH, S. R. *et al.* A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate color to children and young people with visual impairments. **British Journal of Visual Impairment**, v.34, n. 1, p. 54 - 71, 2016.

SAGAWA K.; OKUDERA, S.; ASHIZAWA, S. A Tactile Tag to Identify Color of Clothes for People with Visual Disabilities. In. BAGNARA, R. *et al* (Eds.). **Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomic Association IEA 2018**. Suíça: Springer Nature, 2019. p. 1420–1427. (Parte da série de livros Advances in Intelligent Systems and Computing - AISC, volume 821).

SANTOS, J. M. F. N. **Sistema de Identificação da Cor Para Indivíduos Daltônicos** – Aplicação aos Produtos de Vestuário. Dissertação de Mestrado em Design e Marketing (Escola de Engenharia). Universidade do Minho, Portugal, 2008.

SCHMIDT, R. F. **Fisiologia Sensorial**. São Paulo: Pedagógica e Universal, Springer, EDUSP, 1980.

SILVEIRA, L. M. **Introdução à Teoria da Cor**. Curitiba: UTFPR, 2015.

STOA - SCIENCE AND TECHNOLOGY OPTIONS ASSESSMENT. **Assistive Technologies for people with disabilities**. European Parliamentary Research Service, European Parliament. PE 603.218. ISBN 978-92-846-2352-5. Doi: 10.2861/422217. QA-06-17-411-EN-N, 2018.

TODD, G. **Color Identification System**. Depositante: Gagne Todd. Nº US2006169783 (A1). Depósito: 03 ago. 2006. Disponível em: <[https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=20060803&CC=US&NR=2006169783A1&KC=A1](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20060803&CC=US&NR=2006169783A1&KC=A1)>. Acesso em: 18 maio 2018.

VASCONCELOS, R. **Tactile Mapping Design and Visually Impaired User**. Cartographic Design – Theoretical and practical perspectives. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.

VILLORIA, E. D.; FUENTES, S. S. Diseño universal para el aprendizaje como metodología docente para atender a la diversidad en la universidad. **Aula Abierta**, Espanha, v. 43, p. 87-93, 2015.

## Sobre os autores

### Sandra Regina Marchi

Pós-doutora no Programa de Pós-graduação em Design Universidade Federal do Paraná (2020). Doutora na área de Tecnologia Assistiva, Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná (2019), criou Linguagem Tátil das Cores See Color (Patente - BR 30 2018 003494 5). Mestre em Engenharia Mecânica, UFPR (2007). Graduada em Artes Plásticas/Licenciatura Plena, pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC (1989). ORCID 0000-0002-1679-0823.



**Bruna Brogin**

Professora do SENAI PR e SC. Doutora em Design pela Universidade Federal do Paraná (2019). Realizou estágio doutoral na SapienzaUniversitàdi Roma (2017). Mestre em Gestão do Design pela Universidade Federal de Santa Catarina (2015). Especialista em Design Experiencial pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Graduada em Design de Moda pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2011). Pesquisadora em Tecnologia Assistiva.

ORCID 0000-0002-2240-6226

**Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto**

Pós-doutorado na TechnischeUniversität München, 2012-2013. Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC e RWTH-Aachen, Alemanha (2000). Mestre em Engenharia de Produção pela UFSC (1994). Graduação em Desenho Industrial pela UFPR (1983). Professora Titular do de Graduação em Engenharia Mecânica da UFPR e nos Programas de Pós-graduação: Engenharia Mecânica (PGMEC) e DESIGN (PPGDesign) da UFPR. Coordenadora da RPDTA. ORCID 0000-0002-1968-1964.