
PROGRAMAÇÃO TÁTIL

TACTILE PROGRAMMING

Danilo Alexandre Manuel¹

Mário Henrique Akihiko Da Costa Adaniya²

RESUMO

À medida que continua a expansão exponencial no mundo da tecnologia, sinto a crescente demanda por programadores, redefinindo simultaneamente diversos setores de trabalho. No epicentro dessa evolução não posso negligenciar um componente crucial: a acessibilidade. À medida que mais indivíduos ingressam na programação, vejo a transformação na área de Tecnologia da Informação (TI) sendo ampliada. Quando falo em "pessoas", refiro-me a todos, independentemente de classe social ou deficiência. O propósito é superar barreiras e unir a todos sob um objetivo comum, o desenvolvimento. Este trabalho visa explorar a interação entre a programação e pessoas com deficiência visual. Embora já existam várias soluções para esse desafio, não há um padrão ou formato universal. Cada tecnologia opera de maneira distinta, mas meu foco está em compreender como ela se integra ao sistema háptico, permitindo a transmissão e recepção de informações por meio do toque. Para atingir esse objetivo, dispositivos hápticos e sensores táteis tornam-se essenciais, capturando cada movimento e toque de maneira precisa.

229

Palavras-chave: acessibilidade; tecnologia; programação; dispositivos hápticos; sensores e percepção háptica.

ABSTRACT

As I navigate the exponential expansion in the world of technology, I sense a growing demand for programmers, simultaneously redefining various sectors of work. At the epicenter of this evolution, I cannot overlook a crucial component: accessibility. As more individuals enter the programming realm, I witness the transformation in the field of Information Technology (IT) being magnified. When I refer to "individuals," I mean everyone, regardless of social class or disability. The purpose is to overcome barriers and unite everyone under a common goal: development. This endeavor aims to explore the interaction between programming and individuals with visual impairments. Although several solutions exist for this challenge, there is no universal standard or format. Each technology operates distinctly, but my focus is on understanding how it integrates into the haptic system, enabling the transmission and reception of

¹ Centro Universitário Filadélfia de Londrina - UniFil

² Centro Universitário Filadélfia de Londrina - UniFil

information through touch. To achieve this goal, haptic devices and tactile sensors become essential, capturing each movement and touch with precision.

Keywords: accessibility; technology; programming; haptic devices; sensors and haptic perception.

INTRODUÇÃO

Na área de programação, a demanda por desenvolvedores tem crescido significativamente, impulsionando diversas evoluções para atender a essa procura, sendo a acessibilidade uma delas. Nos primórdios, físicos e matemáticos programavam computadores usando válvulas, uma tarefa árdua. No entanto, com o avanço tecnológico, como a redução de tamanho e o aumento do processamento, os computadores se tornaram acessíveis para atividades cotidianas.

Os programadores desempenham um papel crucial, escrevendo programas que podem impactar significativamente a sociedade. Ao longo do tempo, evoluíram das linguagens de máquina para as linguagens de alto nível que conhecemos hoje. A construção de programas tornou-se visual, facilitando a escrita e leitura de códigos, a acessibilidade desempenha um papel fundamental, ela reflete a busca contínua do ser humano por evolução, visando realizar tarefas de maneira mais inteligente e eficiente.

Ensinar habilidades tecnológicas a pessoas com deficiência capacita-as a criar soluções para os problemas que encontram e as prepara para carreiras. No entanto, a ciência da computação é normalmente ensinada de uma maneira altamente visual que pode apresentar barreiras para pessoas cegas (Baker, 2015).

Baseado neste problema, uma pergunta em aberto precisa ser respondida: "Como levar a programação para as pessoas com deficiência visual?"

Neste trabalho, busco oferecer uma visão abrangente sobre a programação tátil, explorando diversos elementos fundamentais. Iniciarei com uma introdução à programação tátil, estabelecendo as bases conceituais necessárias para compreender a interação entre os sistemas computacionais e o sentido do tato.

A percepção háptica será um ponto central da análise, destacando como os usuários percebem e interagem por meio do toque em ambientes virtuais ou interfaces

físicas. Os sensores táteis e dispositivos hápticos desempenharão um papel crucial, sendo componentes essenciais na transmissão e recepção de estímulos táteis.

Ao explorar as linguagens de programação associadas a essa temática, analisarei como a programação tátil é implementada e como nós, desenvolvedores, podemos criar experiências significativas nesse contexto. Além disso, examinarei diversas aplicações e casos de uso que destacam o impacto prático da programação tátil em diferentes domínios.

Abordarei também o papel crucial do tato na interação, destacando como a sensação tátil contribui para a experiência do usuário e promove a inclusividade. Contudo, enfrentaremos desafios específicos ao projetar interfaces táteis, explorando as complexidades técnicas, ergonômicas e estéticas envolvidas nesse processo.

Por fim, meu trabalho se propõe a discutir e apresentar inovações no campo da programação tátil, com um enfoque especial na promoção da inclusão de deficientes visuais. Buscarei destacar as práticas inovadoras que tornam a programação acessível e eficiente para esse público, contribuindo assim para a construção de um ambiente mais inclusivo e equitativo na área de tecnologia.

231

MÉTODO DE PESQUISA

A condução deste trabalho envolveu uma abordagem metodológica que se baseou em uma revisão abrangente da literatura disponível sobre programação tátil, percepção háptica, sensores táteis, dispositivos hápticos e inovações para inclusão de deficientes visuais. O objetivo principal foi consolidar uma compreensão sólida das tendências, desafios e inovações nesse campo específico da ciência da computação.

A revisão da literatura foi realizada através de uma análise sistemática de artigos científicos, livros e outros recursos acadêmicos relevantes. Autores proeminentes, como (IACOB, 2019), foram consultados para fundamentar as informações apresentadas e assegurar a validade das conclusões.

Além disso, a pesquisa incorporou dados de pesquisas realizadas em campos correlatos, como interação humano-computador, ciência cognitiva e engenharia de software. Essa abordagem multifacetada permitiu uma compreensão abrangente das

nuances envolvidas na programação tátil e contribuiu para a construção de uma base sólida para as análises apresentadas.

Vale ressaltar que a pesquisa também explorou iniciativas inovadoras e estudos de caso relacionados à inclusão de deficientes visuais na programação tátil. Essa abordagem prática proporcionou insights valiosos sobre as aplicações reais dessas tecnologias e suas contribuições para a promoção da acessibilidade.

Ao adotar uma metodologia diversificada e abrangente, este trabalho visa fornecer uma visão completa e fundamentada sobre a programação tátil, destacando não apenas os aspectos teóricos, mas também suas implicações práticas e inovações recentes.

Introdução à Programação Tátil

A programação tátil é a especificação, desenvolvimento, interação e interpretação de programas de computador por meio de uma interface centrada no toque. Baseia-se nas ideias por trás das linguagens de programação visual, particularmente na interação e desenvolvimento de software com representações gráficas, em vez de texto, que podem ser manipuladas diretamente, como arrastar e soltar, para criar funcionalidades do software. (IACOB, 2019)

A programação tátil envolve o projeto a implementação de interfaces e interações que permitem a comunicação bidirecional entre humanos e máquinas por meio do tato. Isso é alcançado através da integração de sensores táteis e dispositivos hápticos que são capazes de detectar e transmitir estímulos táteis aos usuários. Esses estímulos podem incluir sensações de pressão, textura, vibração e temperatura, entre outros, proporcionando uma experiência tátil rica e imersiva.

Ela visa criar experiências de usuário que vão além da interação visual e auditiva com dispositivos e sistemas computacionais, permitindo que os usuários interajam e recebam informações por meio do sentido do toque.

O início da tecnologia háptica remonta a uma solução mecânica criada em resposta ao problema da abundância de material radioativo pós-Segunda Guerra Mundial. O contato direto envolvido no manuseio desse material representava um perigo, por isso foram desenvolvidos aparelhos mecânicos conhecidos como ligações

cinéticas para manuseá-lo com segurança. O puxão, giro ou empurrão do usuário no sistema seria então duplicado pelas ligações cinéticas do material radioativo, evitando completamente o toque humano, mas ainda proporcionando a delicadeza necessária ao movimento humano. Esses sistemas, os predecessores da robótica, foram controlado com base em pistas visuais. Em breve, os sistemas dependeriam de mais do que apenas isso: o feedback seria baseado em pressão, fricção e toque, também conhecido como sensação tátil (Hurst, 2013).

Outro componente da tecnologia háptica também foi desenvolvido na era da Segunda Guerra Mundial. O primeiro sistema de feedback tátil foi desenvolvido e utilizado em aviões, para ajudar os pilotos a saber quando seu motor estava prestes a morrer. O sistema de feedback tátil, que vibrava o manípulo de controle, era acionado quando o motor quase parava, permitindo aos pilotos controlar melhor seus aviões (Hurst, 2013).

O aspecto talvez mais conhecido da sensação ao toque foi introduzido nos sistemas de videogame na década de 1970. Em 1976, o jogo de arcade Moto-Cross da Sega apresentava feedback tátil na forma de vibração no joystick em resposta a um jogador bater a bicicleta ou bater na beira da estrada, isso permitiu ao jogador entender a reação ao seu movimento usando sinais sensoriais, em vez de apenas sinais visuais e sonoros. Desde então, o feedback tátil na forma de vibração ou movimento de força se tornou um padrão em consoles de videogame e melhorou, variando tanto nos diferentes tipos de reações quanto na força da reação (Hurst, 2013).

233

Percepção Háptica

A tecnologia de detecção tátil é fundamentada no princípio da transdução, um processo em que um dispositivo chamado transdutor converte um sinal de uma forma de energia em um sinal de outra forma. No contexto da detecção tátil, um sensor tátil atua como um transdutor eletromecânico, transformando estímulos mecânicos (toque ou pressão, por exemplo) em sinais elétricos. Esses sinais elétricos são então enviados para um controlador que os processa e interpreta, gerando dados utilizados em diversas aplicações (Hurst, 2013).

Para compreender melhor, esse método de detecção tátil replica o processo biológico de detecção tátil em organismos vivos. Na biologia, receptores mecânicos na pele captam estímulos externos e os convertem em sinais elétricos. Esses sinais, então, percorrem a via neural do sistema nervoso central até o cérebro, onde são interpretados (Hurst, 2013).

A percepção háptica refere-se à nossa habilidade de adquirir informações por meio do sentido do tato. Além de sermos tocados por objetos em nosso entorno, exploramos ativamente o ambiente usando nossas mãos, dedos e corpos. As capacidades motoras das mãos desempenham um papel fundamental na extração de características essenciais para identificar e utilizar objetos. O sistema háptico é projetado para processar as propriedades materiais de objetos e superfícies, mediando a interação de subsistemas aferentes cutâneos (relacionados à pele) e cinestésicos (relacionados ao movimento) (Torre, 2006).

Segundo Torre (2006), a percepção háptica possui dois aspectos principais:

- Percepção Tátil (Passiva): Refere-se às sensações adquiridas ao ser tocado por elementos do mundo exterior. Receptores mecânicos e termorreceptores na pele (que respondem a estímulos de pressão e temperatura, por exemplo) desempenham um papel significativo nesse aspecto tátil.
- Toque Ativo e Sensações Proprioceptivas e Cinestésicas: Envolve o toque ativo e as sensações resultantes da estimulação de receptores nos músculos, tendões e articulações. Esses receptores proporcionam informações sobre a posição e movimento do corpo.

234

A compreensão das bases neurais da percepção háptica, que envolve a transmissão de informações da pele ao cérebro, é derivada do estudo das respostas perceptivas e neurofisiológicas em animais e humanos. Esse campo de estudo ajuda a desvendar como o cérebro interpreta e processa as informações táteis para criar nossa experiência sensorial tátil. (Torre, 2006).

Sensores Táteis e Dispositivos Hápticos

Sensores táteis são usados principalmente em robótica, automotiva e telas sensíveis ao toque, mas também podem ser encontrados em produtos de consumo. Eles estão incorporados em dispositivos cirúrgicos, ferramentas mecânicas, robôs, dispositivos portáteis e freios e pneus de automóveis para segurança e controle de qualidade. Eles são baseados nos princípios dos sensores resistivos e capacitivos. Eles envolvem detecção de toque e força para determinar pressão, textura, resolução espacial e outros parâmetros do objeto alvo. Eles funcionam de forma semelhante aos neurorreceptores da pele humana. Combinados com processamento de sinal inteligente em tempo real, eles podem imitar efetivamente a percepção sensorial tátil biológica (Hurst, 2013).

A pele humana é um dos principais órgãos sensoriais e pode sentir uma variedade de estímulos ambientais. Esta percepção sensorial está sendo cada vez mais imitada e aproveitada para fins tecnológicos e este campo é amplamente chamado de sensação tátil (Hurst, 2013).

Os dispositivos táteis são equipados com sensores táteis que imitam os receptores da pele humana. Os sensores detectam estímulos de feedback, assim como fazem os sensores subcutâneos humanos (Hurst, 2013).

A detecção tátil nasceu no domínio da robótica na década de 1970. A pesquisa começou com um levantamento de 61 Receptores mecânicos humanos e suas propriedades de detecção de estímulos conduzido por Knibestöl e Vallbo. A primeira aplicação significativa da tecnologia ocorreu quando Clippinger integrou esta tecnologia em uma mão protética capaz de detectar e processar feedback tátil. Tem sido cada vez mais integrado em dispositivos robóticos desde a década de 1980, graças à redução de custos e aos avanços na ciência dos materiais, ao processamento inteligente de sinais e às formas mais fáceis de integrar sensores táteis em sistemas robóticos. Hoje em dia, a detecção tátil está presente em muitos produtos que as pessoas usam diariamente (Hurst, 2013).

Dispositivos hápticos são dispositivos de interface de usuário projetados para fornecer feedback tátil aos usuários por meio de estímulos táteis, como força, pressão, vibração e textura.

- Luvas hápticas:

Luvas equipadas com sensores de feedback tátil que permitem aos usuários sentir texturas, pressão e formas em ambientes virtuais ou interações remotas. Elas são frequentemente usadas em simulações, treinamento cirúrgico e jogos.

- Joysticks e controladores hápticos:

Controladores de jogos e joysticks que incorporam feedback tátil para fornecer sensações táteis aos jogadores. Isso pode incluir vibrações e resistência variável ao movimento.

- Mouses e trackpads hápticos:

Dispositivos de entrada de computador, como mouses e trackpads, que incorporam feedback tátil para criar uma sensação de toque e textura enquanto se move o cursor.

236

- Dispositivos de retroalimentação de força:

Dispositivos que aplicam forças físicas aos usuários, permitindo-lhes sentir resistência ou feedback de força em resposta a ações específicas. Esses dispositivos são comuns em simulações de veículos, como volantes de direção com feedback de força.

- Colete háptico:

Um colete que é usado em aplicações de realidade virtual e que fornece feedback tátil em diferentes partes do corpo, como peito e costas, para criar uma experiência tátil mais envolvente.

- Canetas e lápis hápticos:

Canetas ou lápis com feedback tátil que podem simular a sensação de escrever em papel ou criar texturas durante a escrita em dispositivos digitais.

Tactile Code Skimmer

Ler um novo código com um leitor de tela pode ser uma tarefa demorada para programadores cegos e deficientes visuais. Leitores de tela auxiliam na navegação do código, mas ditam o código linha por linha e lê espaços e tabulações individualmente, isso frequentemente fornece mais informações do que o necessário o **tactile code skimmer (TCS)**, uma ferramenta para auxiliar os cegos e programadores com deficiência visual com código de skimming, o dispositivo reflete fisicamente os níveis de indentação do código com potenciômetros deslizantes acionados, ajudando assim a reduzir a "audição load "que costuma acompanhar os leitores de tela. (Follmer, 2019)

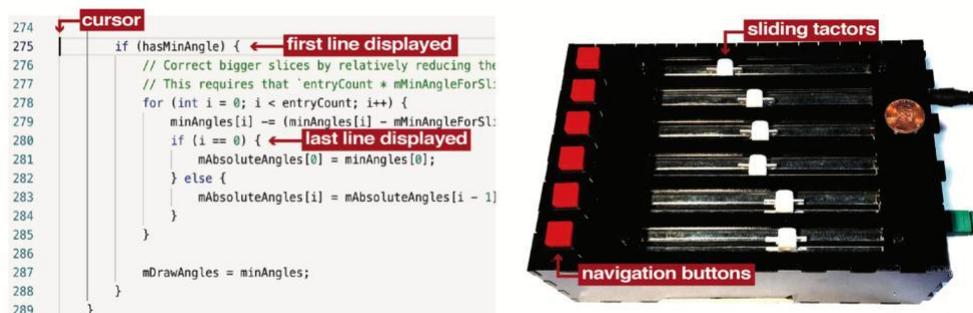
Na figura 1 temos um usuário usando o Tactile Code Skimmer interagindo como os botões de navegação, já na figura 2 tem o código indentado, o cursor na frente do código e o dispositivo háptico que é o TCS.

Figura 1 - participante interagindo com TCS

237



Figura 2 - Código indentado (esquerda) e uma representação no Skimmer de código tátil (direita)



O TCS (sigla para "Text Code Slider") é um dispositivo que ajuda na visualização e navegação de código-fonte. Ele possui seis controles deslizantes que respondem a comandos recebidos por meio de uma conexão serial.

O funcionamento básico é o seguinte:

Um programa no Visual Studio envia informações sobre o recuo (indentação) da linha de código selecionada e das cinco linhas seguintes via HTTP para um servidor web Python.

O servidor Python traduz esses níveis de indentação em posições específicas nos controles deslizantes.

As posições calculadas são então enviadas de volta ao TCS por meio da conexão serial.

O TCS tem dois modos:

Modo Regular: Exibe cada linha de código em sequência. Modo Dobrado: Reduz as linhas com o mesmo nível de indentação em uma única linha (a dobragem ocorre no dispositivo e não no editor de código). O Modo Dobrado é projetado para proporcionar uma visão panorâmica do código, facilitando a navegação. Botões no dispositivo permitem mover o cursor para diferentes linhas de código exibidas.

Em resumo, o TCS é uma ferramenta que ajuda os programadores a visualizar e navegar pelo código-fonte de uma maneira mais eficiente, especialmente ao lidar com diferentes níveis de indentação.

Linguagens de Programação e Ferramentas

TouchBlockly

TouchBlockly, uma linguagem de programação tátil baseada em gestos desenhados à mão em dispositivos touch screen. A linguagem foi concebida como uma ferramenta educacional e foi desenvolvida usando Blockly, uma biblioteca criada pelo Google para construção de editores visuais de programas. TouchBlockly busca três princípios orientadores: gestos intuitivos, feedback instantâneo e interações

reduzidas. Por meio desses mecanismos, o TouchBlockly visa melhorar a compreensão do aluno sobre os principais elementos de programação e reduzir o tempo necessário para compor o código funcional. A eficácia da linguagem foi estudada através de uma abordagem experimental. Programadores inexperientes foram solicitados a completar desafios básicos de codificação. Os participantes foram divididos em dois grupos. A primeira metade foi um grupo de controle que usou uma versão do TouchBlockly onde os blocos só podiam ser manipulados por meio de movimentos de arrastar e soltar, como é típico das linguagens de programação visual. A segunda metade utilizou a linguagem TouchBlockly para completar desafios. O tempo necessário para completar os desafios, bem como o número de interações de toque usadas para completar os desafios foram registrados. O grupo TouchBlockly usou, em média, menos interações por toque para desenvolver seus programas e conseguiu completar mais desafios. Para os desafios concluídos, o grupo de controle demorou, em média, menos tempo (Roberts, 2018).

A Linguagem de Programação de Áudio

239

A Linguagem de Programação de Áudio (APL) foi desenvolvida para motivar e interessar os cegos pela programação. Foi projetado por usuários cegos para usuários cegos e se diferencia da programação convencional porque o som é utilizado como unidade fundamental. Os programadores APL armazenam sons que são posteriormente manipulados. Embora seja uma abordagem inovadora para ensinar programadores cegos novatos, o APL é apenas uma ferramenta de aprendizagem e não uma alternativa à programação convencional, ou seja, não se destina ao desenvolvimento profissional de software (Cheong, 2011).

JavaSpeak

JavaSpeak é outra ferramenta desenvolvida para auxiliar cegos a programar, neste caso, na linguagem de programação Java. Ao contrário do APL, não se destina apenas ao aprendizado de programação, mas também ao desenvolvimento profissional de software. Da mesma forma que os leitores de tela, o JavaSpeak traduz texto

em fala. No entanto, ele fornece recursos e funcionalidades mais especializados do que leitores de tela de uso geral específicos para programação em Java. Eles são projetados para ajudar programadores cegos da mesma forma que recursos como recuo e realce de código auxiliam programadores com deficiência visual; no entanto, esses recursos são feitos por meio do canal auditivo e não do canal visual (CHEONG, 2011).

Code Jumper

O code jumper faz parte do projeto Torino da Microsoft, segundo (YUGE, 2019) agora a Microsoft leva esse conceito ao Project Torino, uma iniciativa para os baixinhos de 7 a 11 anos que usa uma linguagem de programação física, tátil, para quem possui deficiências visuais. O Code Jumper usa blocos de diferentes tamanhos, formatos e cores, cada um com sua função e comando distintos. Concebido há alguns anos, o projeto veio se desenvolvendo desde então e agora começa a entrar em uma fase mais interessante.

240

Figura 3 - Code Jumper



O Code Jumper combina peças físicas com um aplicativo acessível para disponibilizar a codificação para alunos com deficiência visual. Os alunos têm a tarefa de criar programas unindo pods que representam cada linha de código. Conforme o

código é executado, os alunos podem seguir fisicamente cada linha, rastreando os pods vinculados. (Brauner, 2019)

Habilidades de computação estão sendo introduzidas para jovens estudantes e são incorporadas em muitas salas de aula. No entanto, a maioria das atividades de programação atuais e software voltado para os alunos não está totalmente acessível. A Microsoft Research está desenvolvendo o Projeto Torino, uma linguagem de programação física para crianças. Embora projetado para ser divertido e educativo para alunos com deficiência visual, o Projeto Torino incentiva todos os alunos a trabalharem juntos. Usando ferramentas de codificação, os alunos podem criar canções, incorporar ruídos tolos, poesia e sons que eles próprios criaram (Brauner, 2017).

Aplicações e Casos de Uso

Feedback tátil

O feedback tátil (geralmente abreviado para tátil) são vibrações controladas em frequências e intervalos definidos que fornecem uma sensação de ação no jogo. Isto inclui 'colisões', 'pancadas' e 'batidas' nas mãos e nos dedos. A maioria dos componentes eletrônicos que fornecem feedback tátil usam vibração, a maioria usando um tipo de atuador de massa rotativa excêntrica (ERM) que consiste em pesos desequilibrados presos a um eixo do motor.

Feedback de força

Dispositivos de feedback de força usam motores para manipular o movimento de itens segurados pelo usuário. Um uso comum é em videogames e simuladores de direção de automóveis, onde o volante é girado para simular as forças experimentadas nas curvas de um veículo real. Introduzidos em 2013, os volantes de tração direta são baseados em servomotores e são o tipo de volante de corrida com feedback de força mais sofisticado em termos de força e fidelidade.

Automotivo

Grandes painéis de controle touchscreen foram introduzidos nos painéis dos veículos, usando tecnologia de feedback tátil para permitir que os motoristas vejam os comandos táteis sem tirar os olhos da estrada. Superfícies de contato adicionais, como volantes e assentos, também podem fornecer aos motoristas informações táteis, como padrões de vibração de alerta ao se aproximar de outro veículo.

Aviação

O feedback de força pode ser usado para melhorar a adesão ao envelope de voo seguro, manter a autoridade final dos pilotos, aumentar a consciência situacional e reduzir o risco de os pilotos entrarem em condições de voo perigosas fora dos limites operacionais.

O Papel Crucial do Tato na Interação

242

Foi comprovado por Robles de La Torre que o sentido do tato desempenha um papel crucial não apenas na vida real, mas também no Ambiente Virtual (VE). A informação de feedback tátil é fundamental para controlar os movimentos do corpo, avaliar propriedades de objetos ou perceber o mundo. A falta de informações adequadas sobre o ambiente no VE pode impossibilitar a realização de tarefas e a total imersão dos usuários.

Desafios ao Projetar Interfaces Táteis

Analisando o trabalho do (IACOB, 2019) notei que projetar interfaces táteis apresenta vários desafios complexos a serem superados, desde a intrincada arquitetura de interfaces interativas até as questões ergonômicas e estéticas. Estes desafios incluem:

- Complexidade Arquitetural:

Enfrentar a complexidade de interfaces interativas atuais, com arquiteturas complexas, eletrodos enormes e conexões de cabos complicadas.

- Complexidade Arquitetural:

Enfrentar a complexidade de interfaces interativas atuais, com arquiteturas complexas, eletrodos enormes e conexões de cabos complicadas.

- Limitações de Expressão:

Superar a gama limitada de expressão, buscando metáforas e emoções mais amplas em sinais vibrotáteis.

- Desafios Técnicos:

Abordar a necessidade de interação eficiente e confiável, bem como a falta de feedback tátil em interfaces baseadas em gestos.

- Desafios Ergonômicos e Estéticos:

Lidar com desafios ergonômicos durante o co-design e testes, incluindo questões éticas e de privacidade.

243

Esses desafios podem ser enfrentados através do desenvolvimento de plataformas de detecção tátil totalmente ópticas, convertendo estímulos táteis em sinais legíveis. Uma abordagem sistemática de design para tecnologias e sinais hápticos é crucial, juntamente com a exploração de tecnologias de feedback tátil, como geradores de vórtice e feedback baseado em ultrassom.

Uma revisão dos dispositivos táteis e de feedback de força permite concluir que, apesar da utilidade reconhecida da sensação ao toque, o domínio ainda está sub-representado. Os dispositivos hápticos disponíveis comercialmente são relativamente caros, tornando-se uma barreira significativa para o uso generalizado.

Inovação Háptica para Programação Inclusiva de Deficientes Visuais

Atualmente, a disseminação de dispositivos hápticos enfrenta um desafio considerável: o alto custo. Segundo a análise de preços da Engineering Systems Technologies, uma distribuidora líder em equipamentos de Realidade Virtual (VR), mais de 80% do custo total de um sistema háptico, que inclui hardware e software, é atribuído aos dispositivos hápticos. Diante dessa barreira financeira, surge uma necessidade premente de desenvolver um dispositivo háptico inovador e acessível, especialmente projetado para facilitar a programação de deficientes visuais (IACOB, 2019). Características Adaptadas para facilitar a vida de deficientes visuais:

- **Versatilidade Modular:** Componentes independentes que podem ser usados separadamente ou em conjunto, proporcionando flexibilidade para atender às necessidades específicas de cada usuário.
- **Acoplamento Flexível:** A capacidade de acoplar e desacoplar componentes por meio de uma interface especial, inspirada em interfaces de garras robóticas, simplificando a utilização para deficientes visuais.
- **Navegação 3D Acessível:** Um componente age como um mouse 3D, permitindo o deslocamento fácil no espaço virtual, enquanto outro funciona como um ponteiro 3D, simplificando a movimentação de objetos no modo de vôo.
- **Feedback Tátil Aprimorado:** Geração de feedback tátil ao tocar objetos virtuais, proporcionando uma experiência sensorial rica e interativa, essencial para a compreensão e interação efetiva com o código.
- **Sensores Especiais para os Dedos:** Integração de sensores especiais para captar nuances táteis associadas aos dedos, aprimorando a percepção tátil durante a interação.

- Feedback Tátil Completo Adaptado: Um componente projetado para oferecer feedback tátil completo, otimizando a experiência de programação para deficientes visuais.

Esse sistema háptico inovador visa não apenas superar as barreiras financeiras, mas também proporcionar uma solução inclusiva e revolucionária para facilitar a programação de deficientes visuais, promovendo uma experiência interativa e eficiente.

CONCLUSÃO

Este trabalho oferece uma análise abrangente dos desafios enfrentados por deficientes visuais na programação, destacando as limitações dos leitores de tela e a necessidade de acessibilidade em interfaces táteis.

Sublinha a importância da diversidade na ciência da computação e sugere a necessidade de explorar aprimoramentos específicos para usuários com deficiência visual.

Destaca a falta de padronização na acessibilidade e propõe investigar soluções técnicas para superar desafios e promover programas mais robustos.

Apona para futuras pesquisas focadas no desenvolvimento prático de interfaces táteis acessíveis, incorporando as últimas tendências tecnológicas e estratégias eficazes para oferecer feedback tátil durante a programação.

Enfatiza a importância de considerar diversas formas de deficiência para enriquecer ainda mais a pesquisa. Em resumo, este trabalho serve como um ponto de partida crucial para futuras explorações na busca por tornar a tecnologia tátil mais inclusiva.

REFERÊNCIAS

BAKER, C. M. Introdução. *In: Understanding and Improving Blind Students' Access to Visual Information in Computer Science Education*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1, n. 1, p. 188.

BRAUNER, D. Project torino: coding game for students with visual impairment. 2017. Disponível em: <https://www.perkinselearning.org/technology/posts/project-torino-coding-game-students-visual-impairment>. Acesso em: 4 apr. 2017.

BRAUNER, D. Code jumper: Accessible programming. 2019. Disponível em: <https://www.perkinselearning.org/technology/posts/code-jumper-accessible-programming>. Acesso em: 14 feb 2019.

CHEONG, C. Coding without sight: Teaching object-oriented java programming to a blind student. [S.l.: s.n.], 2011.

FOLLMER, O. F. A. F. S. S. Tactile code skimmer: A tool to help blind programmers feel the structure of code. In: Tactile Code Skimmer: A Tool to Help Blind Programmers Feel the Structure of Code. [S.l.: s.n.], 2019. v. 3.

HURST, N. Can you feel me now? the sensational rise of haptic interfaces. 2013. Disponível em: <https://www.wired.com/2013/02/haptics/>. Acesso em: 13 feb. 2013.

IACOB, D. P. R. Haptics democratization: challenges and opportunities. [S.l.: s.n.], 2019.

ROBERTS, F. L. Touchblockly: A tactile programming language based on free-form gestures. [S.l.: s.n.], 2018.

246

TORRE, G. The importance of the sense of touch in virtual and real environments. [S.l.: s.n.], 2006.

YUGE, C. Microsoft cria linguagem de programação tátil para deficientes visuais. 2019. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/software/138087-microsoft-cria-linguagem-programacao-tatil-deficientes-visuais.htm>. Acesso em: 22 jan. 2019.