

Eye voice: uma aplicação para comunicação aumentativa e alternativa baseada em rastreamento ocular para pessoas com dificuldade de fala e função motora reduzida

DOI: 10.53660/inter-179-s326

Bruno Alves Moreira,

Universidade Federal do Piauí - UFPI

 0000-0002-4888-6862

brunoalvesmo@gmail.com

André Castelo Branco Soares

Universidade Federal do Piauí - UFPI

 0000-0002-3909-8610

andre.soares@ufpi.edu.br

Resumo: A comunicação é uma habilidade fundamental para que o ser humano possa se desenvolver e conviver em sociedade. Diversos acontecimentos ao longo da vida podem ocasionar deficiências que impedem ou prejudicam a comunicação pela fala. Apesar de existirem soluções para apoiar a Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA), a maioria delas não atende plenamente as pessoas com dificuldade de fala e função motora reduzida. Nesse contexto, o Eye Voice é proposto como uma solução CAA que auxilia pessoas com dificuldade de comunicação por fala e por gestos. O Eye Voice é uma aplicação que utiliza o rastreamento ocular para estabelecer a comunicação, utilizando um computador e um rastreador ocular. O Eye Voice foi avaliado após ser utilizado por 6 participantes, sendo 2 participantes com necessidades complexas de comunicação (NCC) e 4 participantes que simularam NCC. Os resultados obtidos, considerando as atividades realizadas, mostraram que o Eye Voice tem potencial para proporcionar a inserção de seus usuários nos mais comuns contextos comunicativos funcionais de forma simples e objetiva, por meio de rastreamento ocular. Em especial, vale destacar que durante o experimento, um dos participantes com NCC informou, com o auxílio do Eye Voice, que sentia dor no braço direito. A partir dessa queixa, o responsável procurou o serviço de saúde e foi constatada uma fratura no braço direito do participante.

Palavras-chave: Rastreador Ocular, Software, Comunicação.

Abstract: Communication is a fundamental skill for people living in society. Several events throughout life can cause deficiencies that prevent or impair communication through speech. Although there are solutions to support Augmentative and Alternative Communication (AAC), the major of CAA alternatives do not completely people with speech difficulties and reduced motor function. In this context, the Eye Voice application proposes a CAA solution that assists people with communication and speech difficulties. Eye Voice is an application that uses eye tracking to establish communication, using a computer and an eye tracker. Eye Voice was evaluated after being used by 6

participants, 2 participants with complex communication needs (NCC), and 4 participants who simulated NCC. The results obtained, considering the activities carried out, showed that Eye Voice has the potential to provide the insertion of its users in the most common functional communicative contexts in a simple and objective way, through eye tracking.

Keywords: *Eye Tracker, Software, Communication.*

1. Introdução

A comunicação é um elemento fundamental que contribui para o desenvolvimento do ser humano, proporcionando seu convívio em sociedade. Por meio da comunicação é possível expressar pensamentos, necessidades, desejos e emoções.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil cerca de 24% da população têm algum tipo de deficiência, seja para enxergar, ouvir, caminhar ou possui deficiência mental/intelectual. Em alguns casos de deficiência a fala e a movimentação de membros são afetados, o que dificulta ainda mais a comunicação destes indivíduos. Em torno de 2,3% da população possui algum tipo de deficiência motora.

A área da Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) busca viabilizar diferentes métodos, estratégias e recursos com o objetivo de possibilitar meios alternativos para que os indivíduos com dificuldade motora e de fala possam se comunicar [Cook and Polgar 2014].

Nos últimos anos, diferentes soluções tecnológicas para apoiar a CAA foram desenvolvidas. Os autores em [de los Reyes et al. 2014] destacam que apesar do crescente número de soluções para apoiar a CAA, a maior parte delas ainda é falha em relação ao direcionamento específico para algumas deficiências. Com isso, o desenvolvimento de mais soluções para CAA contribui para que esses indivíduos possam ser beneficiados por esse tipo de tecnologia.

Baseado no exposto, este trabalho propõe uma solução CAA para indivíduos com dificuldades de comunicação utilizando rastreamento ocular. O público alvo da aplicação apresentada são indivíduos com dificuldade de fala e função motora reduzida. Um dos diferenciais desta proposta é oferecer uma aplicação simples (intuitiva e com poucos botões) com funções bem objetivas e gratuita. A solução proposta faz uso apenas de um computador (desktop ou notebook) e o rastreador ocular Tobii Eye Tracker 4c.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira: Trabalhos relacionados são apresentados na Seção 2. A solução proposta é apresentada na Seção 3. Na Seção 4 são apresentados os materiais e métodos utilizados na avaliação da solução. Na Seção 5 são apresentados resultados obtidos, assim como a discussão entorno da performance obtida. Por fim, na Seção 6, apresentamos as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Diversas soluções para auxiliar a CAA baseadas em rastreamento ocular vem sendo propostas [Yu 2018] [Pal et al. 2017] [Razheva et al. 2018] [Srinivasan and Parthasarathi 2014]. De maneira geral, tais soluções tem algumas das seguintes características: permitir que o usuário acesse funções referentes ao teclado e mouse tradicional.

Em [Yu 2018] é apresentada uma aplicação CAA Chamada OptiKey. A Optkey é uma aplicação para Windows, gratuito e disponível para download. Projetado para ser utilizado com dispositivos de rastreamento ocular, possibilitando o controle do teclado, mouse e reprodução de voz artificial para pessoas com limitações motoras e de fala, como pessoas que vivem com Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) / Doença do Neurônio Motor (DNM). A solução proposta em [Yu 2018] permite que as escolhas sejam feitas usando a seleção de permanência. Para a utilização deste software o usuário precisa ter conhecimentos básicos sobre o manuseio do computador, sendo inviável para pessoas não alfabetizados ou sem conhecimentos básicos de informática.

Em [Pal et al. 2017] a solução proposta é chamada de Eye Tracker and Camera Mouse. Essa solução foi desenvolvida para sistema operacional Windows para auxiliar à comunicação de pessoas com deficiência a se comunicarem com as pessoas ao seu redor. A aplicação é gratuita e disponível para download, pode ser integrada ao rastreador ocular Tobii EyeX. A solução proposta em Em [Pal et al. 2017] utiliza o padrão de olhar fixo do usuário para selecionar e o piscar dos olhos para executar a ação de cada botão na tela. O piscar de olhos involuntários pode dificultar a comunicação de usuário do Eye Tracker and Camera Mouse.

Em [Razheva et al. 2018] os autores apresentam o Snap Core First. Essa solução é um aplicativo para sistema operacional Windows com suporte de símbolos que ajudam as pessoas com deficiência de fala e linguagem a se comunicarem. A aplicação foi desenvolvida para ser utilizada com os rastreadores oculares da Tobii, o Snap Core First se trata de uma aplicação com funções reduzidas ofertada gratuitamente pela Tobii Dinavox como demonstração de suas aplicações vendidas para apoiar a CAA. As funções são selecionadas pelo olhar e acionadas pela permanência do olhar sobre os símbolos na tela. O usuário que deseja realizar funções de fala e configurações da aplicação deve adquirir uma licença paga.

Em [Srinivasan and Parthasarathi 2014] os autores propõem a solução chamada SABARI. SABARI é uma aplicação gratuita para pessoas com múltiplas deficiências que têm dificuldade de se comunicar. O software é uma aplicação típica para computador pessoal que rastreia o globo ocular através de eye tracker vestível na cabeça do usuário. As ações selecionadas pelo olhar são ativas por piscar dos olhos ou um movimento realizado pelo usuário. A aplicação não foi encontrada para download e necessita de um rastreador vestível não comercializado ou disponibilizado para uso de demais usuários.

A solução proposta neste artigo busca superar algumas das lacunas dos trabalhos relacionados nesta seção. Assim, a contribuição deste artigo está na proposta da aplicação Eye Voice que é uma solução CAA gratuita para pessoas com dificuldade de fala e com função motora reduzida. O Eye Voice utiliza o rastreamento ocular para viabilizar a CCA objetiva e sem requerer prévios conhecimentos de informática de seus usuários.

Tabela 1. Estado da arte

Trabalho	Gratuito	Fedeback de navegação	Informa dor	Possui função de navegação multimídia	Atende usuário com baixo nível de instrução
[Srinivasan e Parthasarathi 2014]	✓				
Pal et al. 2017]	✓				
[Yu 2018]	✓	✓			
Razheva et al. 2018]		✓	✓		✓
Nossa proposta	✓	✓	✓	✓	✓

3. Eye Voice

O Eye Voice é uma aplicação CAA que visa fornecer capacidade de comunicação ao usuário de forma rápida e objetivas, utilizando rastreamento ocular. Para realização do rastreamento ocular, foi utilizado o Eye tracker Tobbi 4C. A aplicação foi denominada Eye Voice que faz alusão ao rastreamento ocular e a função de vocalizador presente no sistema. A Figura 1, apresenta o layout da tela principal da aplicação.

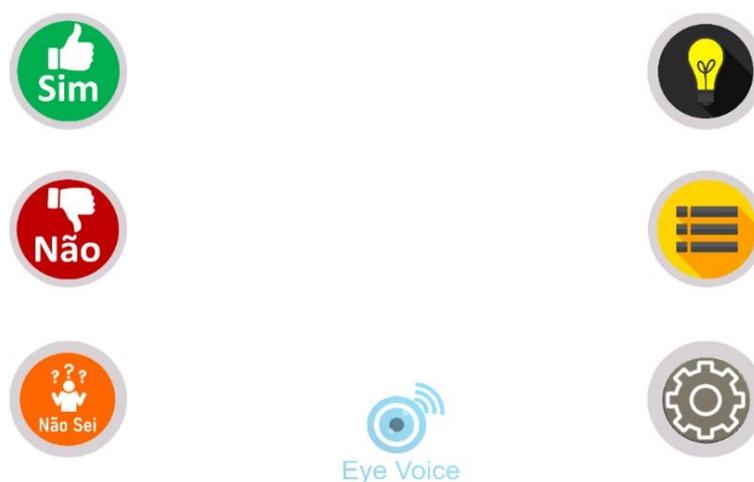


Figura 1. Tela Inicial do Eye Voice

O uso da aplicação Eye Voice é semelhante a utilização das pranchas de comunicação tradicionais, onde cada símbolo (texto ou imagem) é associado a uma palavra ou frase na forma de um botão, que quando acionado, transmite a informação correspondente.

De maneira geral, os rastreadores oculares disponibilizam uma função de calibração para aumentar a precisão do sistema de rastreamento. Normalmente, antes de usar um rastreador ocular, é necessário que seja realizada uma calibração do sistema. O Tobii Eye Tracker 4C disponibiliza uma aplicação própria que é responsável por realizar essa calibração. Para realização da calibração é seguida uma sequência de passos estabelecida pelo software do dispositivo. Os dados de calibração são combinados para criar uma experiência de rastreamento ocular ideal para usuário. Após realizada a calibração, o usuário já pode interagir com a aplicação.

No Eye Voice, quando o usuário permanece com o olhar focado em algum botão disponível na tela, a aplicação oferece um feedback de navegação, um círculo vermelho se forma ao redor do botão, quando o círculo vermelho se completa a função daquele botão é executada. O Eye Voice permite que seus usuários possam alterar a cor do feedback de navegação para uma cor que lhe deixe mais confortável ou seja mais nítida para ele.

A tela inicial conta com o layout minimalista, contendo poucos botões propositalmente. Essa característica é proporcionar ao usuário um espaço (área da tela) para olhar sem a execução de funções de forma indesejada. A tela inicial conta com ações para respostas rápidas como: "Sim", "Não" e "Não Sei". Além disso, na tela inicial, o usuário pode diminuir a luminosidade da tela ao acionar o botão que possui a imagem de uma lâmpada. A ideia desta função é simular a tela desligada, apenas diminuindo fortemente a luminosidade. Caso o usuário acione esta função, uma tela escura com baixa luminosidade será apresentada, contendo também um botão com a lâmpada. A ideia é facultar ao usuário a autonomia de ligar e desligar a aplicação, sem depender da intervenção de terceiros.

Ao acionar o botão "Menu" (cor laranja com três listras na cor preta) o usuário terá acesso a outras funcionalidades da aplicação. A Figura 2 apresenta a tela "Menu", com interface para acesso as demais funcionalidades da aplicação: i) Frases e Saudações; ii) Estou sentindo iii) Fotos e Vídeos.



Figura 2. Tela Menu do Eye Voice.

Ainda na Tela Inicial do Eye Voice do usuário pode acessar o menu configurações, um representado pela figura de uma engrenagem dá ao usuário acesso a tela de configurações permitindo que o usuário possa alterar a voz do sistema, tempo de fixação do que ele precisa permanecer com o olhar sobre um botão, além de poder alterar as cores do sistema como a do feedback de navegação e plano de fundo da tela inicial.



Figura 3. Tela do Configurações do Eye Voice

Além das funções de comunicação, o sistema também permite que o usuário acesse conteúdos multimídia, buscando viabilizar a autonomia do usuário para escolher fotos, ouvir músicas e ver vídeos da Internet. A Figura 4 ilustra um navegador que pode ser utilizado pelo usuário para escolher conteúdo. Esta visa disponibilizar um conteúdo previamente selecionado pelos familiares, amigos e cuidadores do usuário. Entretanto, o próprio usuário vai ter a autonomia para escolher quando e o que deseja consumir de conteúdo.

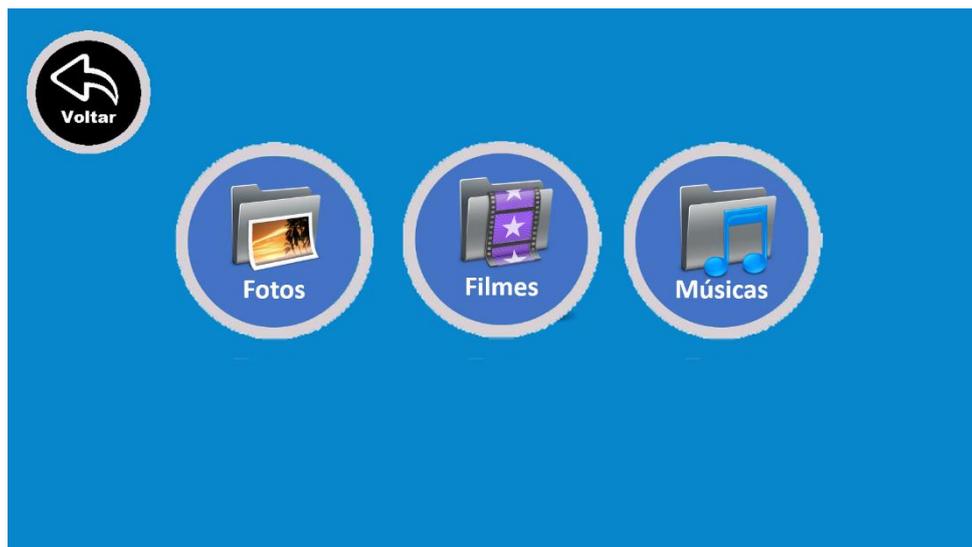


Figura 4. Tela Opções multimídia do Eye Voice.

A partir do botão "Estou sentindo" como mostra a Figura 2, na Figura 5 exibe a interface de comunicação que o usuário pode utilizar para comunicar sintomas. Além de informar se está com frio ou calor, o Eye Voice permite que o usuário informe se sente dor, usando a função "Estou com dor".



Figura 5. Tela Estou sentindo Eye Voice.

Após acionar a função "Estou com dor" é apresentada a tela ilustrada na Figura 6. Nesta tela são exibidos botões com as principais partes do corpo humano. Assim, caso necessário, o usuário pode "apontar" a parte do corpo que sente dor. Possibilitando ao usuário informar ao seu cuidador ou responsável informações referentes a dores em algum membro do seu corpo.

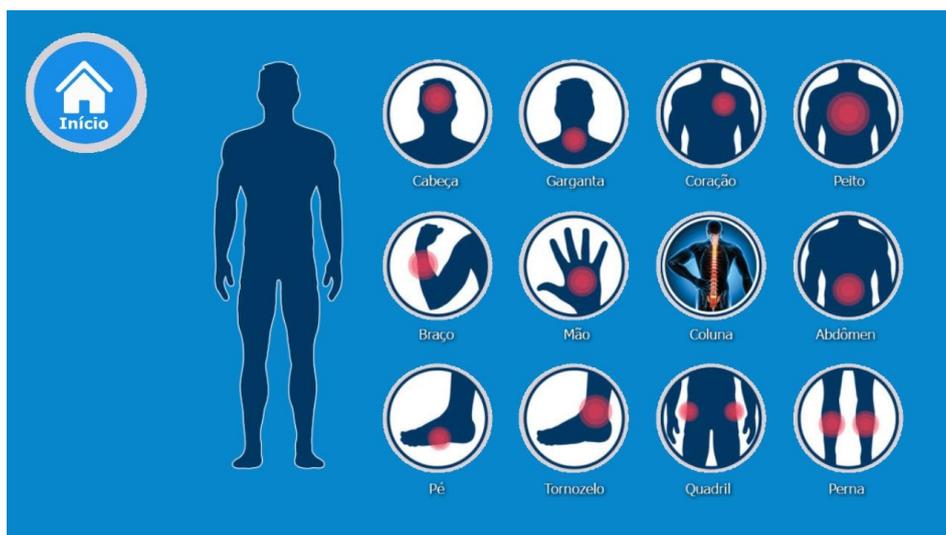


Figura 6. Tela Informar dor do Eye Voice.

4. Metodologia de avaliação

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CAAE 83249318.5.0000.5594) para que as atividades dos experimentos fossem iniciadas foi apresentado aos participantes os termos de consentimento livre e esclarecido, em seguida assinado pelos mesmos.

4.1 Materiais e Métodos

Esta seção descreve os materiais e métodos utilizados para verificar a aplicabilidade e eficácia do Eye Voice como ferramenta de apoio a comunicação de pessoas sem capacidade de se comunicar por gestos ou por fala.

Para a realização dos experimentos foi utilizado um computador tipo notebook com processador intel i5-5200U de 2GHz, 8GB de memória RAM, 1TB de HD, um monitor com resolução 1920x1080 pixels e um teclado USB. Para o rastreamento ocular foi utilizado o Tobii Eye Tracker 4c (custo de cerca de U\\$200). Foi produzido um suporte para encaixar o notebook na cama ou cadeira do usuário. Vale ressaltar que os suportes devem ser adaptados de acordo com a necessidade do usuário. No desenvolvimento da aplicação foi utilizado a Engine de desenvolvimento Unity3D, a escolha desta Engine se justifica pelo fato de existir uma SDK para integração do Tobii Eye Tracker 4c e pelos conhecimentos prévios sobre desenvolvimento na Engine.

Os participantes listados na Tabela 2 realizaram o procedimento de calibração, estabelecido pelo software Tobii Eye Tracker Core. Para realização da calibração os participantes ficaram posicionados em frente ao computador a uma distância entre 50 a 95 cm, olhando frontalmente para a tela do computador. O procedimento de calibração do rastreador ocular consiste em olhar diretamente para pequenos círculos na cor azul que aparecem em determinadas regiões da tela do computador com fundo preto. Ao final é possível salvar o perfil de cada usuário com uma identificação.

Em seguida, foi explicado para o usuário como a aplicação funciona, apresentando sua interface e explicando o que cada elemento na tela representa. Essa explicação do funcionamento da aplicação durou aproximadamente 2 (dois) minutos. Logo após foram realizadas perguntas para que o usuário pudesse responder através do Eye Voice com uma interação baseada no olhar.

Foi elaborado um questionário para ser respondido pelos participantes ou responsáveis. As respostas dos questionários foram utilizadas para avaliar as funcionalidades do Eye Voice e identificar os pontos negativos e positivos da solução. Além disso, objetivou-se também avaliar a viabilidade do Eye Voice em ambiente domiciliar, possibilitando ao usuário uma comunicação objetiva com seus familiares, amigos e cuidadores.

4.2 Participantes

Para a realização desse estudo foram selecionados 6 (seis) participantes com idade entre 15 (quinze) e 31 (trinta e um) anos. Desse conjunto, 3 (três) eram do sexo feminino e 3 (três) do sexo masculino. 4 (quatro) deles são participantes saudáveis que simularam as características de pessoas com NCC e 2 (dois) são participantes acamados, com necessidades complexas de comunicação (NCC).

Para garantir o sigilo das informações, os participantes sem NCC foram identificados como: P1Simulado, P2Simulado, P3Simulado e P4Simulado. Os participantes com NCC foram identificados como: P5NCC e P6NCC. A Tabela 1 apresenta uma breve descrição do perfil dos participantes.

Tabela 1. Perfil dos participantes da pesquisa

Participante	Idade	Sexo	Com necessidades complexas de comunicação
P1Simulado	15	Masculino	Não
P2Simulado	26	Feminino	Não
P3Simulado	27	Feminino	Não
P4Simulado	31	Feminino	Não
P5NCC	21	Masculino	Sim
P6NCC	29	Masculino	Sim

A quantidade reduzida de participantes é justificada pelo fato deste estudo ter sido realizado durante o período de pandemia da COVID-19, o que dificultou o acesso a um número maior de pessoas com NCC. Por isso optou-se por inserir alguns participantes sem NCC, simulando as características de pessoas com NCC para avaliar o funcionamento da aplicação. Vale ressaltar que os experimentos foram acompanhados por uma enfermeira, seguindo os protocolos de prevenção do COVID-19 que obedece às recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Ministério da Saúde.

Os participantes do estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. No caso dos participantes P5NCC e P6NCC o termo foi assinado pelo respectivo responsável.

Os participantes do experimento realizaram a calibração do rastreamento ocular e logo após responderam perguntas realizadas pelo pesquisador. Ao final do teste, os participantes P1Simulado, P2Simulado, P3Simulado e P4Simulado responderam um questionário sobre o uso da ferramenta. o questionário foi respondido pelo seu respectivo responsável, no caso dos participantes P5NCC e P6NCC.

5. Resultados e Discussão

Os dados foram analisados de acordo com os questionários respondidos pelos participantes e responsáveis, assim como pelos desempenhos dos participantes para responder as perguntas através da interface do Eye Voice. Sendo assim, foram analisadas as sugestões de melhorias e potenciais adaptações para futura aprimoração do Eye Voice.

Após a realização da calibração, e apresentação da interface da solução, foi pedido aos usuários que permanecem com o olhar fixado sobre o botão "Sim" até que o círculo vermelho se formasse ao redor do botão e o som correspondente ao botão fosse executado. Em seguida foi pedido que fizessem o mesmo para o botão "Não" e "Não sei", repediu-se essas ações de maneira alternada para garantir que os usuários estivessem conseguindo realizar esta etapa intencionalmente. Todos os usuários conseguiam realizar essas interações sem erros ou apresentar dificuldades.

Foram realizadas perguntas simples como: "Você é homem?", "Você é mulher?", para serem respondidas com sim ou não. Nesta etapa, apenas P5NCC, respondeu de forma errada a primeira pergunta, porém quando perguntado novamente por duas vezes a mesma pergunta, o usuário respondeu de forma correta, isso pode ser justificado pelo fato de o usuário não ter entendido a pergunta na primeira tentativa.

Foram mostrados aos participantes, alguns objetos e realizada perguntas sobre as características desses objetos, como por exemplo: "Esta mesa é roxa?", em todos os casos os usuários responderam corretamente.

O P5NCC, a cerca de 4 meses, sofreu um Traumatismo cranioencefálico (TCE), que o levou ao estado de NCC. Durante o experimento, a mãe do P5NCC perguntou para ele se ele queria falar sobre como o acidente aconteceu. O P5NCC respondeu repetidas com o acionamento do botão "Não".

O P6NCC, a cerca de 8 meses, sofreu acidente automobilístico que o levou ao estado de acamado e com NCC. Durante o experimento, a mãe do P5NCC perguntou para se ele sentia dores. O P6NCC respondeu com o acionamento do botão "Sim". Logo em seguida lhe foi apresentada a interface "Estou com dor" Figura 6, para que o mesmo informasse em qual parte do corpo apresentava a dor. O P6NCC respondeu acionando o botão "Braço", em seguida o botão "Braço direito". No dia seguinte, segundo a responsável do P6NCC, foi constatada através de uma radiografia uma fratura no braço direito do paciente. A responsável pelo P6NCC buscou um serviço de saúde para investigar as dores no braço direito motivada pela comunicação alternativa durante a realização do experimento. Essa observação é uma evidência que a aplicação proposta

Os resultados do questionário aplicado que se referem a facilidade de uso da aplicação. Os resultados foram agrupados em duas categorias: positivas e negativas. A Figura 7 mostra os percentuais das respostas para as afirmações positivas, a Figura 8 mostra os percentuais das respostas para as afirmações negativas.

Na afirmação "A aplicação é fácil para utilizar" mais de 70% dos participantes concordaram com essa afirmação. O P3Simulado discordou, pois segundo ela seria necessário que utilizasse mais vezes para que possa utilizar a aplicação de forma correta.

Os participantes concordaram que as funções foram bem integradas (adaptadas) ao sistema. O mesmo resultado se teve para a afirmação "As nomenclaturas e imagens das funções foram bem empregadas". Na afirmação "Os objetos da aplicação foram bem organizados na tela" 5 participantes concordaram e 1 não concordou. O responsável pelo P5NCC, respondeu que discorda na questão 4 porque alguns componentes ficaram mais nas extremidades da tela e o P5NCC apresentou alguma dificuldade para focar nessas regiões da extremidade.

Analisando os resultados obtidos a partir do questionário aplicado aos participantes (Figura 7), observa-se que a maioria dos usuários concordou com as afirmações positivas acerca da usabilidade do Eye Voice.

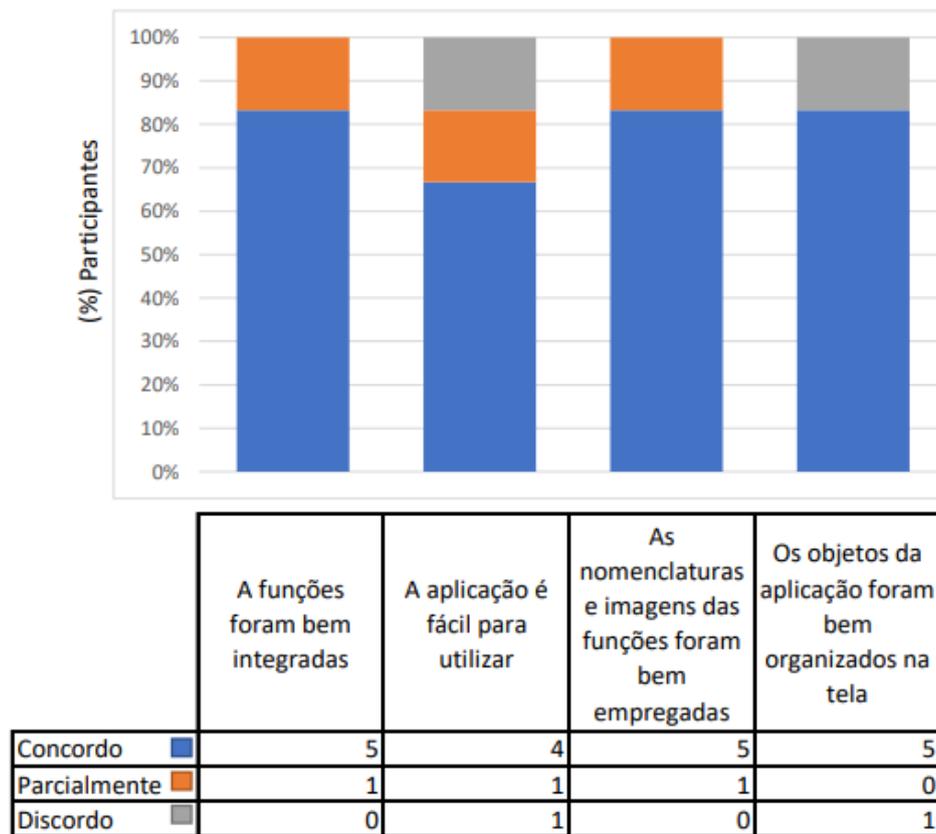


Figura 7. Questionário Avaliativo da Aplicação (afirmações positivas)

Na afirmação "A aplicação requer muito treinamento para ser bem utilizada" apenas o P2Simulado discordou. Esse resultado pode ser justificado pelo fato dos participantes nunca terem tido acesso a esse tipo de tecnologia e terem utilizado apenas uma única vez a aplicação.

Na afirmação "A aplicação é desnecessariamente complexa" nenhum dos usuários concordou, dois concordaram parcialmente e quatro discordaram. Obteve-se o resultado para a afirmação "É preciso muito esforço para se comunicar através da aplicação". Já na afirmação "A aplicação é complicada para utilizar" apenas um concordou parcialmente.

Analisando a Figura 8, que demonstra as afirmações negativas sobre a usabilidade do Eye Voice, percebe-se que a cor cinza que representa as repostas em que o participante discorda da afirmação predomina em relação as demais. Desta forma pode-se inferir que o Eye Voice obteve uma avaliação favorável também nessas questões.

Com o objetivo de se obter a opinião dos participantes em relação à solução proposta, foram feitas duas questões discursivas: "Descreva os pontos positivos da

aplicação" e "Descreva os pontos negativos aplicação". As respostas são apresentadas na Tabela 2.

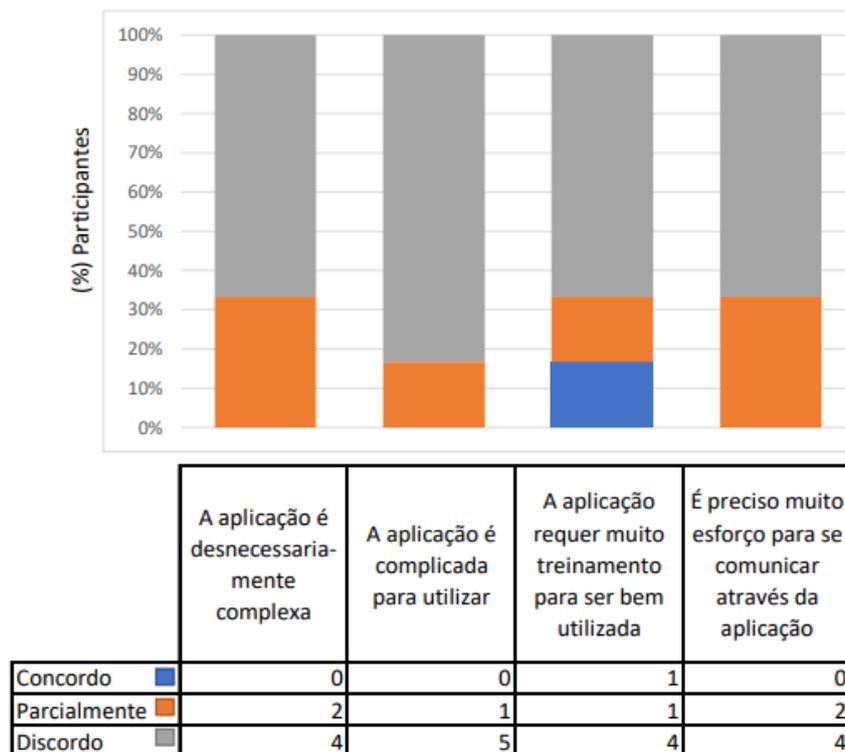


Figura 8. Questionário Avaliativo da Aplicação (afirmações negativas)

6. Considerações Finais

Neste trabalho foi proposta o Eye Voice, uma solução CAA gratuita e em português para viabilizar a comunicação de pessoas sem capacidade motora de membros e de fala. A solução proposta oportuniza ao usuário utilizar o movimento ocular para interagir com a interface da aplicação. A proposta requer o uso de um eye tracker. Nos estudos apresentados neste trabalho utilizados um rastreador ocular comercial de baixo custo.

O código do Eye Voice está disponível no GitHub (<https://github.com/brunoalvesmo/eyevoice>), para que outras pessoas possam avaliar seu desempenho, realizar alterações e fazer uso da aplicação CAA proposta.

Através dos resultados obtidos, pode-se verificar que a solução proposta obteve uma boa aceitação pelos usuários, conseguiu de forma eficiente auxiliar uma comunicação simples

e objetiva baseada no rastreamento ocular. É importante destacar que, um dos participantes com NCC informou que estava com dor no braço direito com o uso do Eye Voice. Com isso o responsável do paciente procurou o serviço de saúde e foi constatada uma fratura no braço do participante. Esse acontecimento ilustra o desafio da comunicação de pessoas com NCC e evidencia a importância de proposta de soluções de CAA visando melhorar a vida de pessoas com NCC.

Como trabalho futuro pretende-se realizar experimentos com um número maior de participantes, implementar e novas funções com o objetivo de aprimorar a aplicação com base nas necessidades observadas durante a aplicação dos experimentos.

Referências

Cook, A. M. and Polgar, J. M. (2014). *Assistive technologies-e-book: principles and practice*. Elsevier Health Sciences.

de los Reyes, J., Rodriguez, A. N., Umali, E. D., Solamo, R., and Feria, R. (2014). Evaluation of a mobile aac application for filipino language. In *IISA 2014, The 5th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*, pages 137–142. IEEE.

Nunes, L. (2002). *Linguagem e comunicação alternativa [dissertação]*. Rio de Janeiro (RJ): Faculdade de Educação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Pal, S., Mangal, N. K., and Khosla, A. (2017). Development of assistive application for patients with communication disability. In *2017 International Conference on Innovations in Green Energy and Healthcare Technologies (IGEHT)*, pages 1–4.

Razheva, A., Rozaliev, V., and Orlova, Y. (2018). Modern eye tracking research and technology. *Information Innovative Technologies*, (1):229–235.

Srinivasan, B. and Parthasarathi, R. (2014). Scan enabled applications for persons with mobility impairment (sabari). In *2014 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10 HTC)*, pages 105–110.

Yu, J. (2018). *Gaze-typing for everyday use: Keyboard usability observations and a “tolerant” keyboard prototype*. Master’s thesis, KTH, School of Electrical Engineering and Computer Science (EECS).

Recebido em: 01/03/2021

Aceito em: 20/03/2021

Publicado em: 30/03/2021