



INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE SISTEMAS PARA INTERNET
CURSO SUPERIOR TECNOLÓGICO EM SISTEMAS PARA INTERNET**

MARIA TATIANE GONÇALVES

**LIMITAÇÕES MOTORAS EM PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL:
SUPERANDO BARREIRAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA ASSISTIVA**

SALGUEIRO

2019

MARIA TATIANE GONÇALVES

LIMITAÇÕES MOTORAS EM PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL:
SUPERANDO BARREIRAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA ASSISTIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Orientador(a): Prof. Marcelo Santos

SALGUEIRO

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G635 Gonçalves, Maria Tatiane.

Limitações motoras em pessoas com paralisia cerebral : superando barreiras através da tecnologias assistiva / Maria Tatiane Gonçalves. - Salgueiro, 2019.
32 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Anderson Batista dos Santos.

1. Tecnologia educacional. 2. Pessoas com paralisia cerebral. 3. Tecnologia Assistiva. 4. Inclusão. 5. Ensino-aprendizagem. I. Título.

CDD 371.334

MARIA TATIANE GONÇALVES

**LIMITAÇÕES MOTORAS EM PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL:
SUPERANDO BARREIRAS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA ASSISTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas para Internet.

Aprovado em: 28/11/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcelo Santos Orientador (a)
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

Prof. Orlando Silva
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

Prof. Francenila Rodrigues
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

SALGUEIRO

2019

Aos meus pais, Renaldo e Socorro, e ao
meu orientador Marcelo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marcelo Santos, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Orlando Silva e Francenila Rodrigues pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos meus pais, pelo apoio que me dedicaram todos esses anos.

“Nós só podemos ver um pouco do futuro,
mas o suficiente para perceber que há
muito a fazer. ”

Alan Turing

RESUMO

É possível através do uso de tecnologia assistivas ampliar habilidades funcionais para pessoas com deficiência. Existem empresas especializadas em oferecer soluções que buscam melhorar a qualidade de vida de deficientes físicos. Entre as diversas pesquisas feitas no campo da tecnologia assistiva, este trabalho foca na análise do teclado TiX (para pessoas com limitações motoras), produto da empresa Geraes. Os testes foram feitos através de um simulador para avaliação de desempenho do tempo de digitação. Após algumas melhorias aplicadas na disposição das teclas os testes obtivemos uma redução de até 60% no tempo de digitação de uma frase. Os testes foram realizados considerando variáveis aleatórias e possíveis erros de digitação por parte do usuário.

Palavras-chave: Limitação. Tecnologia. Superação.

ABSTRACT

It is possible using assistive technology to expand functional skills for people with disabilities. There are companies that specialize in offering solutions that seek to improve the quality of life of people with disabilities. Among the many researches done in the field of assistive technology, the focus of this paper is the analysis of the keyboard TiX (keyboard for people with motor limitations), a product of the company Geraes. The tests were done through a simulator for performance evaluation of the typing time. After some improvements in the layout of the keyboard, the tests achieved a reduction of up to 60% in the typing time of a sentence. The tests were performed considering random variables and possible typing errors by the user.

Keywords: Limitation. Technology. Overcoming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Primeira versão comercial do TIC - Teclado Combinatório Iconográfico	19
Figura 2	– Sensor de piscadela A-BlinX	20
Figura 3	– Combinação de teclas para digitar a letra "a" (azul + amarelo ou tecla 3 + tecla 9)	21
Figura 4	– Teclado modificado (disposição das letras)	23

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Teclado original X Teclado modificado	25
-----------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Letras mais utilizadas da língua portuguesa	22
Tabela 2	– Porcentagem de redução de ciclos em relação ao teclado original	26
Tabela 3	– Porcentagem de redução de ciclos em relação ao teclado original	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PC	Paralisia Cerebral
TA	Tecnologia Assistiva
TIC	Teclado Iconográfico Combinatório

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Dificuldades Motoras Severas	16
2.2	Tecnologias Assistivas	17
2.3	Exemplos de Tecnologias Assistivas Existentes	17
2.4	Superando desafios com o TiX	18
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS	24
4.1	Etapa 1 – Rearranjo das Teclas	24
4.2	Etapa 2 - Modificação no Modo de Varredura do Teclado	25
4.2.1	<i>Início Fixo na Ordem de Varredura</i>	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	30

1 INTRODUÇÃO

A comunicação é uma necessidade básica entre as pessoas. Desde o nascimento, os seres humanos fazem uso do choro, do riso e de balbucios para expressar suas vontades. A comunicação se dá através de sinais que ocorrem na interação de duas ou mais pessoas e que proporcionam uma forma de criar significados entre elas. A fala, embora seja o mais frequente, não é o único veículo de linguagem. A língua de sinais e a escrita são exemplos de outras formas alternativas à linguagem oral. Para pessoas com algum tipo de limitação que afete a oralidade, a comunicação alternativa pode significar uma chance única de se expressar e interagir em sociedade. As limitações orais não estão apenas relacionadas a surdez. Existem tipos de dificuldades motoras graves que atuam não só sobre os movimentos, mas também sobre a comunicação do indivíduo. Nessa situação, não é possível fazer uso da fala ou dos movimentos, o que torna mais difícil a interação.

A Constituição Federal de 1988 traz como fundamentos da República Federativa do Brasil e conseqüentemente, do Estado Democrático de Direito, a dignidade da pessoa humana em seu art. 1º, inciso III. Conferir dignidade envolve oferecer oportunidades iguais, o que inclui o direito de se expressar e estabelecer uma posição diante dos fatos. O Art. 24, inciso XIV, por sua vez assegura proteção e integração social das pessoas portadoras de deficiência. A conquista da autonomia é importante para o desenvolvimento físico e psicológico destas e o sucesso neste processo depende da realidade de cada indivíduo. Oferecer os meios que proporcionam essa autonomia contribuem para conceder o mínimo de dignidade a essas pessoas.

A Tecnologia Assistiva é o termo utilizado para identificar recursos e serviços que contribuem para ampliar ou mesmo conceder habilidades funcionais a pessoas com deficiência e conseqüentemente promover inclusão social, qualidade de vida e mais independência. Existem muitas empresas que trabalham com esse tipo de tecnologia como a Livox (LIVOX, 2019), Hand Talk (HAND TALK, 2019) e Geraes (GERAES, 2019). Cada uma dessas empresas brasileiras atua em uma área específica de suporte às pessoas com deficiências.

Inovando em acessibilidade digital, a Geraes Tecnologia Assistiva fornece ferramentas que estimulam as pessoas com deficiência a desenvolverem suas

competências e individualidades. Em parceria com o IF Sertão-PE foi realizada uma análise sobre o teclado TiX¹. Este provê, através da tecnologia, uma forma de inclusão de pessoas que antes viam sua deficiência física como um fator limitador para o uso de um computador ou até mesmo para se comunicar.

Após uma avaliação empírica, observou-se a possibilidade de melhorias a serem aplicadas no dispositivo. Redução de tempo e esforço durante a utilização pode ser obtida com simples modificações. O desafio está em definir tais mudanças e quantificar as melhorias.

Nesse cenário, foi desenvolvido um simulador que replica o funcionamento do citado instrumento de digitação, um dos produtos oferecidos pela Geraes. Em seguida foi realizado um estudo combinatório e simulações buscando a otimização da reordenação das teclas de modo a que elas trabalhassem de forma mais eficiente. Os resultados mostram uma redução de até 60% no tempo de digitação por pessoas que possuem dificuldade motora severa, que utilizam o mecanismo apenas no modo de varredura, ou seja, através de um acionador externo, como exemplo o a-blinX² que propicia o uso através do piscar dos olhos.

¹ <https://tecladointeligente.com.br/>

² <https://tecladointeligente.com.br/produtos/a-blinx/>

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dificuldades Motoras Severas

Segundo o Censo Demográfico de 2010, a média de população com grande dificuldade motora é de 3 698 929 pessoas. Dentre os diversos casos existem pessoas que só possuem o piscar dos olhos como meio de interação. Vários fatores podem ocasionar esse tipo de dificuldade motora avançada. Dentre os exemplos podem ser citados: a ELA, Esclerose Lateral Amiotrófica, uma doença degenerativa do sistema nervoso que afeta os neurônios motores; e a PC, Paralisia Cerebral, que consiste em um transtorno de movimento resultante de uma lesão ou defeito no cérebro em desenvolvimento.

De acordo com Oliveira (2008), o termo PC não significa que o cérebro está paralisado, apenas sofreu alguma forma de agressão, sendo que a criança com PC possui um atraso de desenvolvimento neuropsicomotor por uma lesão no Sistema Nervoso Central, podendo causar comprometimento na área motora, sensorial e/ou cognitiva, implicando em alterações do tônus muscular, qualidade do movimento, percepção, capacidade de apreender e interpretar os estímulos ambientais. Sabe-se, ainda, que muitas vezes suas sequelas tornam-se agravadas pelas dificuldades que essas crianças apresentam em explorar o meio e em se comunicar com o mundo externo. Algumas crianças têm alterações leves, quase imperceptíveis, que as tornam desajeitadas para andar, falar ou usar as mãos. Outras são gravemente afetadas com incapacidade motora grave, impossibilidade de andar, falar, escrever, enfim, de acordo com a localização das lesões e as áreas afetadas, as manifestações podem ser diferentes.

Galvão Filho (2012) afirma que apesar das grandes dificuldades, ou mesmo impossibilidades, das crianças com deficiência física severa e de comunicação oral de interagir com o seu meio ambiente, torna-se compreensível o fato de que essas crianças possam apresentar o mesmo nível de desenvolvimento cognitivo que outras crianças da mesma idade que não possuam nenhuma dificuldade motora ou de comunicação, se forem devidamente estimuladas. Existem tecnologias que facilitam esse estímulo e oferecem a estas a possibilidade de inclusão e autonomia. São as chamadas Tecnologias Assistivas.

2.2 Tecnologias Assistivas

O Brasil passou de um período de quase total desconhecimento da população e das instituições nacionais sobre a existência, a relevância e os significados da TA no país, até um recente período no qual a TA adquire uma nova dimensão, passando a estar presente em diferentes setores da realidade nacional (Galvão Filho, 2013). Existem exemplos de sua utilização não somente para reabilitação, mas também para educação e uso pessoal. O termo tecnologia assistiva ou tecnologia de apoio agrupa dispositivos, técnicas e processos que podem fornecer assistência e reabilitação e melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência. Tais tecnologias são de suma importância em ambientes como instituições de ensino, sendo estas localidades em que se deve promover inclusão e acessibilidade a todos os seus integrantes.

Existe uma tendência em considerar que o simples fato de alunos com algum tipo de deficiência estarem usando softwares educacionais comuns, que também são utilizados por outros estudantes sem nenhum tipo de limitação, signifique que tal software é um exemplo de tecnologia assistiva. Isso não é correto. Esse tipo de tecnologia é algo bem mais preciso, que atende a uma ou diversas necessidades específicas. Nestes casos, o software ou ferramenta utilizado não funcionam apenas como um simples recurso educacional, mas sim como meio de promover acessibilidade a educação e o mínimo de igualdade. Embora seja um conceito relativamente novo, algumas técnicas desse campo já foram aplicadas.

2.3 Exemplos de Tecnologias Assistivas Existentes

Estão surgindo produtos no mercado que fornecem a base para o estudo de diversas possibilidades em TA, como o headset MindWave³, que promete captar ondas cerebrais e possibilitar a conversão desses sinais em comandos. Este tem sido estudada como meio de controlar dispositivos como braços mecânicos, jogos e sistemas de voz.

³ <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>.

O DosvoX⁴ é um sistema para microcomputadores da linha PC que se comunica com o usuário através de síntese de voz permitindo, por exemplo, o uso de computadores por deficientes visuais. O sistema realiza a comunicação com o deficiente visual através de síntese de voz em português, sendo que a síntese de textos pode ser configurada para outros idiomas. Já o HeadMouse⁵ é um mouse virtual desenvolvido especificamente para pessoas com problemas de mobilidade. É gratuito e requer apenas de uma WebCam USB.

Algumas empresas são modelo no que se refere a área. Um exemplo no Brasil é a Geraes Tecnologia. Esta possui um aplicativo que pode funcionar como um meio de comunicação, sendo que este é capaz de aprender o vocabulário frequente do usuário e agilizar o processo de comunicação. Pode ser utilizado manualmente ou através de um sensor de piscadela também desenvolvido pela empresa. Outro produto é o teclado-mouse que permite que pessoas com dificuldade motora possam interagir normalmente com o computador: o TiX.

2.4 Superando desafios com o TiX

O teclado iconográfico combinatório (TIC) representado na Figura 1, com número de pedido de patente BR 10 2013 013355 8 A2 [GLEISON, 2015], refere-se a um dispositivo de entrada de dados, destinado a permitir a interatividade do homem com a máquina, de modo a converter comandos operacionais analógicos em funções lógicas digitais. O uso se dá através da combinação de botões e darão origem a uma determinada letra ou função. Os botões têm desenhos e cores diferentes e as funções de cada um, junto com suas respectivas combinações, ficam listadas ao redor do botão. Pressionar um botão e sua combinação é o que torna possível a interação com o computador. O fator facilitador deste aparelho, então, se dá pela facilidade que ele confere a pessoas com um certo grau de dificuldade motora, que não consigam utilizar o teclado comum, mas que ainda possuam certo controle sobre seus movimentos. Neste formato, a invenção auxiliava um tipo específico de pessoas. Após um processo evolutivo, surgiu o Key-X (TiX no Brasil), uma versão melhorada do TIC.

⁴ <http://intervox.nce.ufrj.br/~tiagoborges/dosvox/download.htm>

⁵ <https://www.tecnologiasaccesibles.com/pt-br/content/headmouse>

Figura 1 - Primeira versão comercial do TIC – Teclado Iconográfico Combinatório



Fonte: <http://key2enable.com/history/>

Dentre as modificações, a característica mais importante do Key-X em relação ao seu antecessor é que ele pode ser controlado opcionalmente por qualquer interruptor adaptativo externo, atendendo à demanda de uso do aparelho por aqueles com limitações funcionais mais severas, como tetraplégicos. Neste modo de operação, os botões se acendem e o usuário ativa o interruptor externo quando a luz associada ao botão pretendido está ativada, em vez de tocar fisicamente no painel. Em resumo, esta atualização permite que o uso deste não esteja mais condicionado especificamente ao toque e sim a interação com algum tipo de acionador que forneça outras possibilidades, como o piscar dos olhos.

Um exemplo deste tipo de acionador é o a-blinX, representado na Figura 2. Este capta o piscar dos olhos para ampliar as possibilidades de interação das pessoas com deficiências motoras severas. Para usar qualquer computador e navegar na internet, escrever e até jogar usando o piscar dos olhos, basta conectar o a-blinX ao TiX. Mesmo sem este último, é possível ligar o sensor diretamente ao computador e usar softwares específicos que funcionam por varredura, como o Teclado Virtual do Windows.

Figura 2 - Sensor de piscadela A-BlinX.



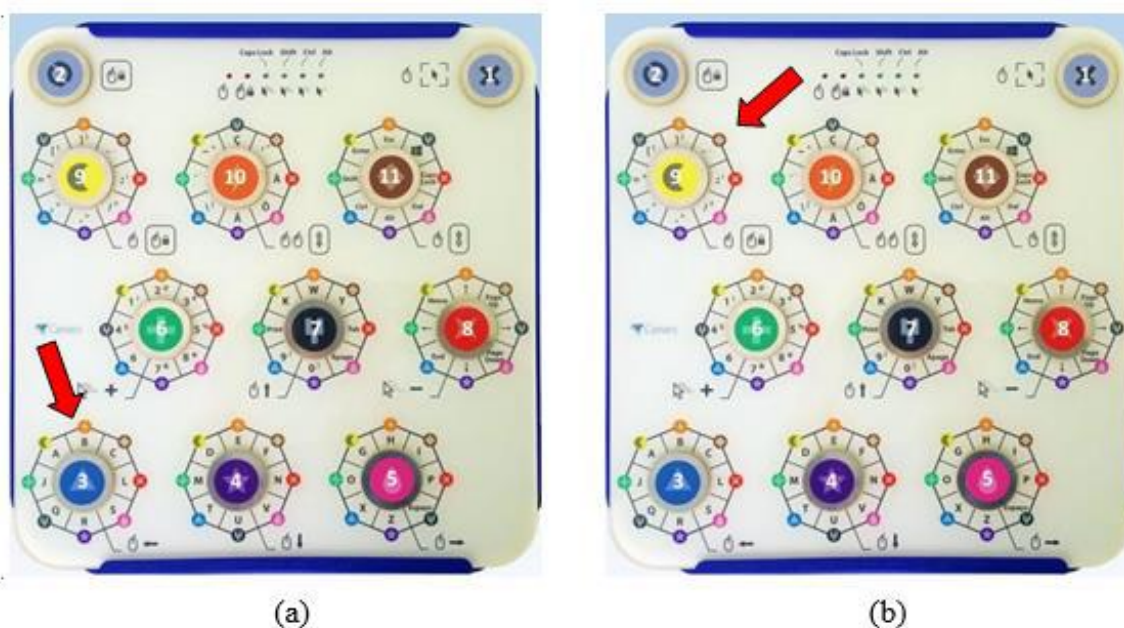
Fonte: <https://tix.life/produtos/a-blinx/>

No caso do teclado multifuncional, o acionador é conectado ao mesmo e é colocado em um óculos com ou sem lentes. As teclas acendem uma a uma até que o sensor detecte o piscar dos olhos. Quando isso acontece, este reinicia e as teclas começam a acender novamente. Ao detectar um novo piscar de olhos, a combinação é feita e então uma tecla é acionada.⁶

⁶ Detalhes da utilização do TiX neste link: https://www.youtube.com/watch?v=tSA2AXZ_1m0

A utilização do TiX em modo de varredura pode ser um processo demorado. Utilizando um sistema de combinações entre 11 botões, para acionar uma letra espera-se que o primeiro ciclo da combinação inicie para acionar o primeiro botão quando este acender de acordo com a ordem. Para digitar a letra “a” é necessário que três teclas sejam percorridas na primeira etapa até se chegar no triângulo azul (Figura 3a). Na segunda etapa os botões acenderam novamente até que o botão correspondente a combinação seja acionada e a letra “a” seja finalmente digitada ao acionar a tecla amarela com símbolo de lua (Figura 3b). Assim, para digitar a letra “a” foram necessários 12 ciclos.

Figura 3 - Combinação de teclas para digitar a letra "a" (azul + amarelo ou tecla 3 + tecla 9)



Fonte: Própria.

Pensando nisso, surge as hipóteses de pesquisa:

- Há uma melhor forma de distribuição das letras para que o teclado funcione de forma mais eficiente
- A mudança na ordem em que o teclado é percorrido impacta significativamente em seu desempenho.

Para testar as hipóteses foi então desenvolvido um simulador utilizando uma linguagem de programação e um estudo combinatório realizado e validado como descrito na seção a seguir.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho baseou-se em uma pesquisa quantitativa, fazendo um comparativo entre os dados obtidos através do modelo já existente e os propostos aqui. Os testes foram feitos com base em simulações por meio de softwares desenvolvidos para tal. Essa foi a solução encontrada para a impossibilidade de realizar testes diretamente com humanos, visto que a quantidade de testes realizados não permitia, por demandar tempo e esforço que um simulador não necessitaria. Isso demanda um tempo que não estava disponível para a realização. O teclado foi escolhido basicamente por uma questão de preço, sendo ele mais acessível que outras tecnologias de mesmo fim.

Foi criado um simulador para o modelo já existente e para cada uma das alterações propostas, que tinha como objetivo determinar a quantidade de ciclos (quantidade de teclas percorridas) que eram necessários para digitar uma frase no modo de varredura da ferramenta estudada. Foram realizados testes com 30 frases distintas (Apêndice A). Essas frases utilizam caracteres minúsculos, sem pontuação, acentuação ou qualquer caractere especial. Apenas letras e números. Esta quantidade de frases foi escolhida por ser o valor mínimo para se obter um nível de confiança satisfatório.

O estudo foi baseado em duas fases. Na primeira houve um rearranjo da disposição das letras no dispositivo, buscando encurtar as combinações para as letras mais frequentemente usadas na língua portuguesa conforme a Tabela 1.

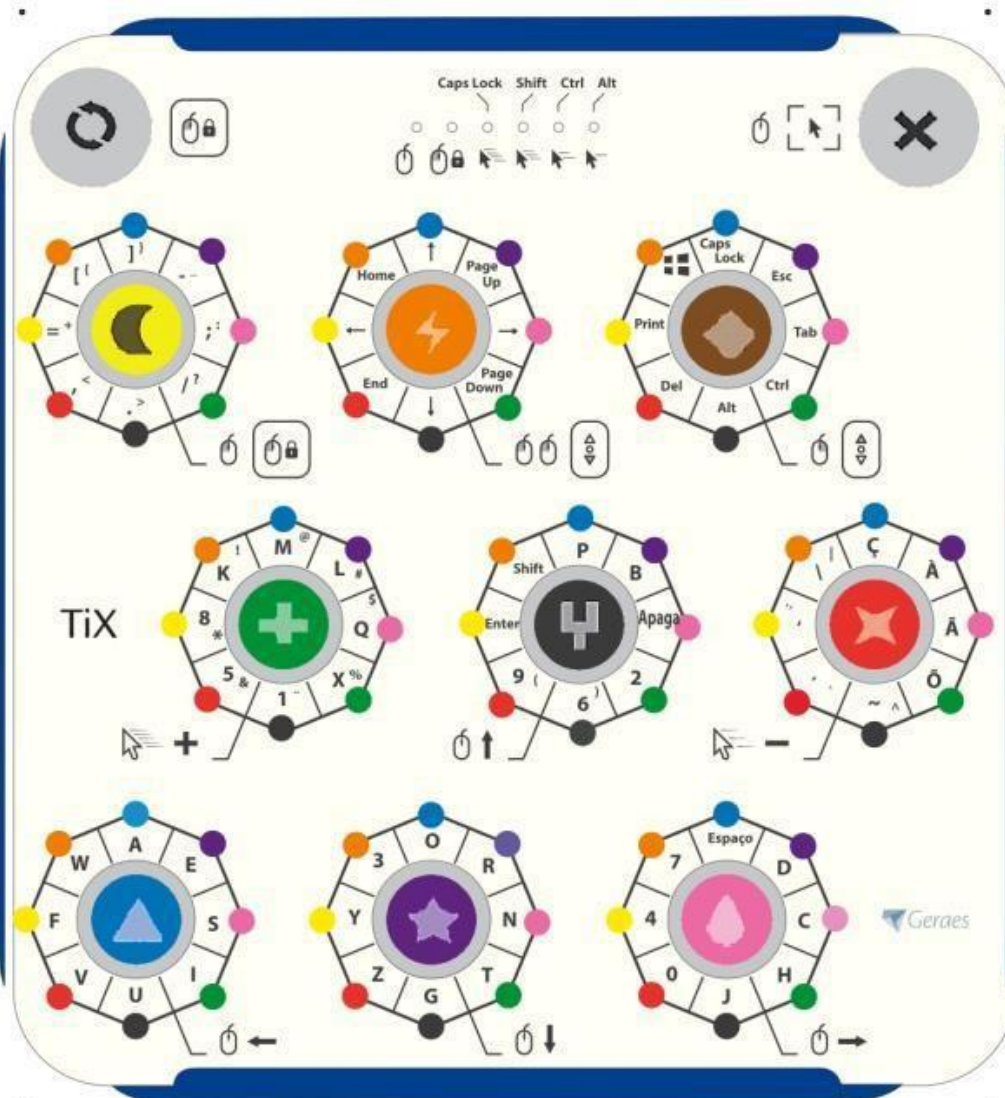
Tabela 1 - Letras mais utilizadas da língua portuguesa

Letra	%	Letra	%	Letra	%	Letra	%
01 - A	14,63	02 - E	12,57	03 - O	10,73	04 - S	7,81
05 - R	6,53	06 - I	6,18	07 - N	5,05	08 - D	4,99
09 - M	4,74	10 - U	4,63	11 - T	4,34	12 - C	3,88
13 - L	2,78	14 - P	2,52	15 - V	1,67	16 - G	1,30
17 - H	1,28	18 - Q	1,20	19 - B	1,04	20 - F	1,02
21 - Z	0,47	22 - J	0,40	23 - X	0,21	24 - K	0,02
25 - W	0,01			26 - Y	0,01		

Fonte: https://www.gta.ufrj.br/grad/06_2/alexandre/criptoanalise.html

A proposta é se basear na Tabela 1 para definir a disposição das letras mais frequentes nas menores combinações possíveis. Por exemplo, o ideal é que a letra “a” fosse uma combinação da tecla em com o símbolo do triângulo azul (ou botão 3 na Figura 3a) com ela mesma, tendo seu tempo de digitação total de 6 ciclos ao invés de 12 como no teclado original. A Figura 4 exhibe a modificação proposta.

Figura 4 - Teclado Modificado (disposição das letras)



Fonte: Própria.

Na segunda parte da simulação foi modificado a forma de varredura do dispositivo. Em outras palavras, a forma como as teclas são percorridas. Ao invés de considerar o início da varredura pela tecla 1 (ou com símbolo X na Figura 3), iniciamos com a tecla 3 (ou com símbolo de triângulo azul). A tecla com símbolo “X” serve para

cancelar uma combinação que foi digitada de forma errada. Ao assumir que o usuário pouco erra durante a digitação, mudar a forma como as teclas são percorridas pode ter um impacto grande no desempenho. Dessa forma, foram testadas várias probabilidades de erro de acordo com uma distribuição uniforme. As taxas de erros analisadas durante a simulação foram 0%, 5%, 10%, 20% e 50%. Para cada frase foram executadas 30 replicações devido ao uso de variáveis aleatórias no experimento. As variáveis aleatórias definiam o erro cometido: tanto se era um erro a ser cancelado com o botão ou a ser apagado pela função delete, quanto a posição em que o erro ocorria. Assim, a simulação ocorre livre de manipulação humana. Após replicar cada frase a quantidade de vezes esperada, o simulador indicava a média dos resultados.

4 RESULTADOS

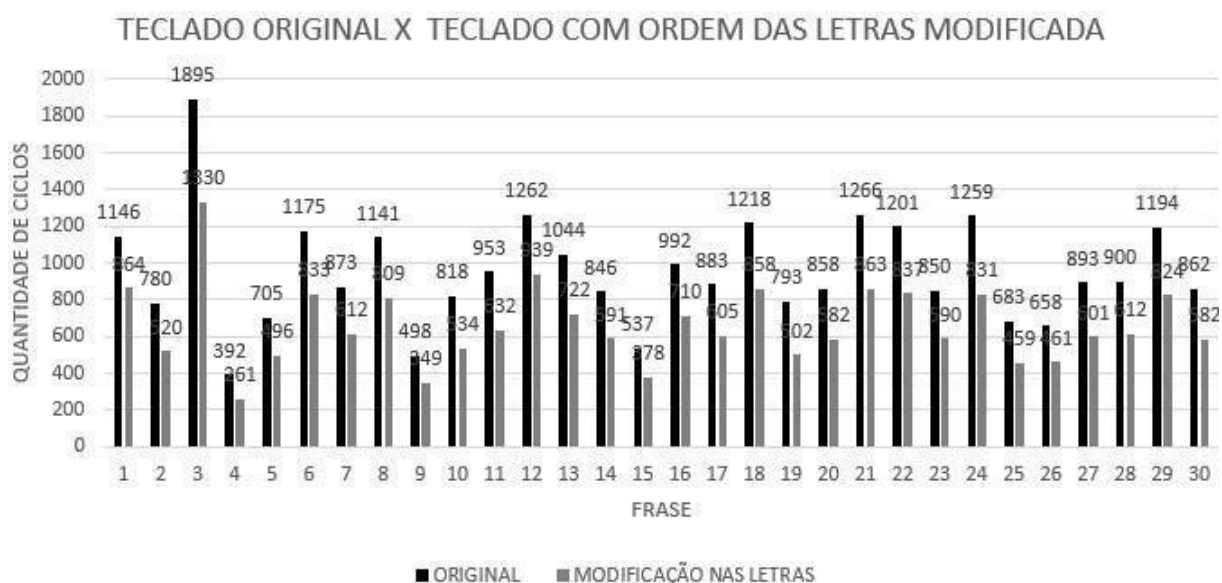
4.1 Etapa 1 – Rearranjo das Teclas

Como não há variáveis aleatórias envolvidas nesta etapa de avaliação, foram executadas apenas uma replicação para a digitação de cada frase, dado que o resultado é determinístico.

Podemos ver no Gráfico 1 os resultados obtidos na comparação dos dois teclados (original e modificado). Enquanto a média para o original foi de 952 ciclos, para o modificado o resultado médio foi de 659 ciclos. Este resultado exhibe uma redução de aproximadamente 31% no tempo de digitação.

Para os testes seguintes, foi notada a importância de considerar e mensurar o impacto de erros cometidos pelo usuário ao utilizar o teclado. Em seu formato original, a ferramenta observada inicia sua varredura por dois botões iniciais: o botão de repetição (botão em que o usuário pode reutilizar uma combinação já utilizada) e o botão “X” que serve para corrigir erros que ocorrem na seleção da primeira tecla, ou seja, quando se aciona um botão que não deveria ser acionado. Há ainda o Backspace, que acionado a partir dos botões preto (número 7 na Figura 3) e rosa (número 5 na Figura 3) respectivamente. Esta é a combinação necessária para correções que precisam ser feitas após uma combinação de duas teclas erradas, ou seja, quando a letra já foi digitada na tela.

Gráfico 1 - Teclado original X Teclado modificado



Fonte: Própria

4.2 Etapa 2 – Modificação no Modo de Varredura do Teclado

Os testes anteriores não consideravam a possibilidade de que houvesse um erro ao digitar. Assim, realizamos os testes com as mesmas frases, mas com a adição de erro. Foi adicionando um grau de randomização que gerou erros aleatórios na digitação das frases baseado em uma variável uniforme, conforme descrito na seção de metodologia. O número de ciclos contabilizado leva em consideração agora não só o tempo para digitação das letras, mas o tempo para recuperação de um erro.

Nesta etapa duas modificações foram realizadas em relação ao teclado original:

- 1) Modificação na disposição das letras (feitas no teste anterior)
- 2) Modificação no modo de varredura das teclas

Nesta simulação as teclas iniciaram o modo de varredura pela tecla 3 (ou botão com símbolo do triângulo azul) e a última tecla percorrida foi a tecla com símbolo "X". Assim, além de manter a modificação baseada nas letras mais utilizadas da língua portuguesa, o dispositivo não inicia mais pelos dois botões

iniciais (botão de correção e botão de repetição localizados na parte superior) e sim pelo primeiro botão combinável. Só após a primeira seleção o botão de correção acenderia primeiro.

A Tabela 2 exibe os resultados obtidos para este cenário utilizando 4 taxas de erro diferentes: 5%, 10%, 20% e 50%. Foi calculada a média das replicações para a simulação com o teclado original e o com as modificações propostas. A redução máxima obtida é de 50% do tempo quando o usuário não comete erros.

Tabela 2 - Porcentagem de redução de ciclos em relação ao teclado original.

Percentual de Erro	Ciclos obtidos com o teclado original	Ciclos obtidos com o teclado com modificação⁷	Redução de ciclos (em %)
0%	984	496	50%
5%	1050	547	48%
10%	1113	596	47%
20%	1236	692	45%
50%	1610	983	39%

Fonte: Própria

4.2.1 Início fixo na Ordem de Varredura

No último teste envolvendo a ordem do piscar dos botões, foi mantida a modificação baseada nas letras, porém o ciclo sempre é iniciado do botão azul (triângulo ou botão 3) que é o primeiro botão combinável. O botão de correção só é acionado quando o usuário espera até que todos os botões combináveis tenham se acendido.

A Tabela 3 exibe os resultados obtidos para este cenário de teste utilizando as mesmas 4 taxas de erro diferentes já mencionadas (5%, 10%, 20% e 50%). Novamente foi feito uma média para as versões do original e as modificações propostas.

Através dos testes citados, foi obtido um resultado significativo na redução de ciclos no modo de varredura em relação ao aparelho no formato original. A

⁷ Além da ordem das funções e combinações modificada, inicia pelo primeiro botão combinável no primeiro ciclo e não pelos botões de repetição e de cancelamento.

redução obtida foi de até 60% quando não erros. Os resultados obtidos geram a possibilidade de uma patente de modelo de utilidade, onde um produto já existente é melhorado de forma significativa.

Tabela 3 - Porcentagem de redução de ciclos em relação ao teclado original.

Percentual de Erro	Ciclos obtidos com o teclado original	Ciclos obtidos com o teclado com modificação ⁸	Redução de ciclos – modificação anterior (em %) ⁹	Redução de ciclos – modificação atual (em %) ¹⁰
0%	984	403	50%	60%
5%	1050	470	48%	56%
10%	1113	536	47%	52%
20%	1236	664	45%	47%
50%	1610	1050	39%	35%

Fonte: Própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma poderosa ferramenta de tecnologia assistiva, o teclado iconográfico chamado TiX. Uma ferramenta inovadora, que dá autonomia para pessoas com diversos tipos de limitação motora controlarem qualquer computador.

No entanto, foi possível detectar possíveis melhorias que podem ser realizadas no mesmo levando a uma redução de até 60% do tempo de digitação de uma frase. Tal resultado foi obtido através do estudo combinatório da ferramenta, reordenação das letras dispostas e mudança na forma de iniciar a varredura de teclas. Os resultados foram obtidos através de um simulador desenvolvido pelos autores e ainda não testado de forma prática por pessoas com limitações físicas.

Em trabalhos futuros pretendemos analisar de forma prática o uso das modificações propostas por pessoas com limitações motoras e o uso de outras ferramentas no mercado.

⁸ Além da ordem das funções e combinações modificada, inicia sempre pelo primeiro botão combinável e não pelos botões de repetição e de cancelamento, independente de qual seja o ciclo.

⁹ Referente a comparação entre o item anterior (4.2.1), que inicia pelo primeiro botão combinável no primeiro ciclo e não pelos botões de repetição e de cancelamento, e o teclado original.

¹⁰ Referente a comparação entre o item atual, que inicia sempre pelo primeiro botão combinável e não pelos botões de repetição e de cancelamento (independente de qual seja o ciclo), e o teclado original.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acessado em 19 de nov. 2019.

Decifrando a Língua Portuguesa. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/06_2/alexandre/criptoanalise.html>. Acessado em 16 de dez. 2019

DOSVOX - <http://intervox.nce.ufrj.br/~tiagoborges/dosvox/download.htm> - Acessado em 19 de nov. 2019.

FARIA, Gleison Fernandes de. **Teclado Iconográfico Combinatório (TIC)**. BR1020130133558A2. Publicada em 03 março de 2015.

GALVÃO FILHO, Teófilo. A. **A construção do conceito de Tecnologia Assistiva: alguns novos interrogantes e desafios**. In: Revista da FACED – Entre ideias: Educação, Cultura e Sociedade, Salvador: Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia – FACED/UFBA, v. 2, n. 1, p. 25-42, jan/jun 2013.

GALVÃO FILHO, Teófilo. **Tecnologia Assistiva: favorecendo o desenvolvimento e a aprendizagem em contextos educacionais inclusivos**. In: GIROTO, C. R. M.; POKER, R. B.; OMOTE, S. (Org.). As tecnologias nas práticas pedagógicas inclusivas. Marília/SP: Cultura Acadêmica, p. 65-92, 2012.

GERAES – site oficial. Disponível em: <http://www.geraestec.com.br>. Acessado em 11 de mai. 2017.

HANDTALK – Conheça sites acessíveis em libras que estão fazendo a diferença. Disponível em <<http://www.handtalk.me/>>. Acessado em 25 de mar. 2019.

HEADMOUSE - <https://www.tecnologiasaccesibles.com/pt-br/content/headmouse> - Acessado em 19 de nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2010. Brasil. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9749&t=destaques>>. Acessado em 16 de dez. 2019.

LIVOX - Liberdade em voz alta Website Livox. Disponível em <<http://www.livox.com.br/>>. Acessado em 25 de mar. 2019.

MINDWAVE – Neurosky Store. Disponível em: <https://store.neurosky.com/pages/mindwave>. Acessado em 11 de set. 2019.

OLIVEIRA, Ana Irene Alves de; GAROTTI, Marilice Fernandes; SÁ, Nonato Márcio Custódio Maia. **Tecnologia de ensino e tecnologia assistiva no ensino de crianças com paralisia cerebral**. Ciências e Cognição, Vol. 13, 2008.

SONZA, Andrea Poletto; Santarosa, Lucia Maria Costa. **Em busca de ambientes de aprendizagem mediados por computador acessíveis a invisuais**. Disponível em: <<http://www-usr.inf.ufsm.br/~rose/curso3/cafe/CIEE2005.pdf> >. Acessado em 11 de mai. 2018.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

FRASES MAIS UTILIZADAS DA LINGUA PORTUGUESA

1. "estudo divulgado nesta quinta 19 pela oit mostra que entre 2003 e 2009 a pobreza no brasil caiu 36 por cento"
2. "a forza nao provem da capacidade fisica provem de uma vontade indomavel"
3. "os rolling stones teriam de repetir 7000 vezes o show que fizeram em fevereiro de 2006 na praia de copacabana para que toda a populacao mundial pudesse acompanhar a apresentacao"
4. "olho por olho e o mundo acabara cego"
5. "se voce nao esta disposto a arriscar esteja disposto a uma vida comum",
6. "com baixas taxas de natalidade a populacao europeia envelhece e ate 2050 deve perder 124 000 000 de pessoas"
7. "todos os seus sonhos podem se tornar realidade se voce tiver coragem para persegui-los"
8. "para esclarecer duvidas e indagar sobre coisas que me interessavam pronunciei precisamente 414 720 palavras"
9. "todo progresso acontece fora da zona de conforto"
10. "a felicidade nao e uma estacao em que voce chega mas uma maneira de viajar"
11. "a vida e uma viagem e se voce se apaixona pela jornada voce estara apaixonado para sempre"
12. "o documento mostra ainda que o nordeste tem 9 061 000 de pessoas extremamente pobres ou seja 59 por cento do total nacional"
13. "nao e o mais forte que sobrevive nem o mais inteligente quem sobrevive e o mais disposto a mudanca"
14. "um homem de sucesso e aquele que cria uma parede com os tijolos que jogaram nele"

15. "o ponto de partida de qualquer conquista e o desejo"
16. "a antartida com aproximadamente 9 por cento das terras emersas do planeta so tem 4 mil habitantes"
17. "nosso maior medo nao deve ser o fracasso mas ser bem-sucedidos em algo que nao importa"
18. "muitas das falhas da vida ocorrem quando nao percebemos o quao proximos estavamos do sucesso na hora em que desistimos"
19. "coragem e a resistencia ao medo o dominio do medo nao a ausencia do medo"
20. "apenas deixe para amanha o que voce esta disposto a morrer tendo deixado de fazer"
21. "se voce quer fazer uma mudanca permanente pare de se focar no tamanho de seus problemas e comece a focar no seu tamanho"
22. "muito do estresse que as pessoas sentem nao vem de ter muito o que fazer ele vem de nao terminar o que foi comecado"
23. "a arte de viver esta menos em eliminar nossos problemas do que em crescer com eles"
24. "a verdadeira felicidade nao e alcancada atraves da auto gratificacao mas atraves da fidelidade a um proposito digno"
25. "faca algo que ame e voce nunca mais precisara trabalhar na vida"
26. "faca o que voce sempre fez e voce tera sempre o mesmo resultado"
27. "eu nao sei a chave para o sucesso mas a chave para o fracasso e tentar agradar a todos"
28. "sempre que voce se encontrar ao lado da maioria e tempo de fazer uma pausa e refletir"
29. "se voce ouve uma voz dentro de voce dizer voce nao pode pintar entao pinte sem duvida e essa voz sera silenciada"
30. "nas escolas nas ruas campos construcoes caminhando e cantando e seguindo a cancao"