

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**



**UMA NOVA PRANCHA DE COMUNICAÇÃO  
ALTERNATIVA DINÂMICA BASEADA EM UM  
MÉTODO HÍBRIDO DE SUGESTÃO DE  
PICTOGRAMAS**

**RENATO DE SOUSA GOMIDE**

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edna Lúcia Flôres

**Uberlândia**

**2017**

# RENATO DE SOUSA GOMIDE

## UMA NOVA PRANCHA DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA DINÂMICA BASEADA EM UM MÉTODO HÍBRIDO DE SUGESTÃO DE PICTOGRAMAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Strictu Sensu da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Uberlândia, como recurso parcial para obtenção do título de *Doutor em Ciências*.

**Área de Concentração:** Engenharia Eletrônica

**Linha de Pesquisa:** Processamento Digital de Sinais

### BANCA DE DEFESA:

**Edna Lúcia Flôres, Dr<sup>a</sup>(UFU) - Orientadora**

**Eduardo Lázaro Martins Naves, Dr (UFU)**

**Milena Bueno Pereira Carneiro, Dr<sup>a</sup>(UFU)**

**Carlos Galvão Pinheiro Junior, Dr (UFG)**

**Ricardo Antônio Gonçalves Teixeira, Dr (UFG)**

**Luiz Fernando Batista Loja, Dr (IFG)**

Uberlândia

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

G633n Gomide, Renato de Sousa, 1984-  
2017 Uma nova prancha de comunicação alternativa dinâmica baseada em  
um método híbrido de sugestão de pictogramas / Renato de Sousa  
Gomide. - 2017.

140 f. : il.

Orientadora: Edna Lúcia Flôres.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Dispositivos de auto-ajuda para  
pessoas com deficiência - Teses. I. Flôres, Edna Lúcia, 1958- II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica. III. Título.

---

CDU: 621.3

UMA NOVA PRANCHA DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA DINÂMICA  
BASEADA EM UM MÉTODO HÍBRIDO DE SUGESTÃO DE PICTOGRAMAS

**Renato de Sousa Gomide**

Tese apresentada por Renato de Sousa Gomide à Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

---

Prof<sup>a</sup>. Edna Lúcia Flôres, Dr<sup>a</sup>.  
Orientadora - UFU

---

Prof. Alexandre Cardoso, Dr.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

# AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Dagmar Rosa de Sousa Gomide** e **Eber Gomide**, por sempre terem incentivado na educação dos seus filhos mesmo tendo que fazer grandes sacrifícios.

Ao meu irmão **Rodrigo de Sousa Gomide**, por ter sido um exemplo de superação e por ter influenciado a minha trajetória profissional.

A minha esposa **Nathalya Primo Rodrigues Gomide**, por toda cumplicidade nos momentos de alegria e tristeza.

A minha orientadora **Edna Lúcia Flôres**, por ter confiado o desenvolvimento deste trabalho e pela relação de amizade.

Ao meu amigo de infância **Luiz Fernando Batista Loja**, pela convivência e participação em vários momentos que fizeram parte da nossa formação pessoal e profissional.

Aos meus amigos que conheci durante o ensino médio **Marcelo Massahide Borges Ioshida**, **Wadih Carlos Magalhães Elkadi** e **Frederico Moreira Mastrella de Araújo**, que mesmo à distância ainda mantemos uma forte relação de amizade.

Aos professores e amigos **Ricardo Antônio Gonçalves Teixeira**, **Francisco Ramos de Melo** e **Sirlon Diniz de Carvalho**, por terem me apresentado a temática principal da linha de pesquisa que influenciou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor **Rodrigo Pinto Lemos**, que me influenciou profissionalmente desde a época da graduação. Ao professor **Marcus Fraga Vieira**, pelo trabalho desenvolvido durante o mestrado e pela relação de amizade.

Aos professores do Instituto Federal de Goiás e do Instituto Federal Goiano por sempre incentivarem e apoiarem a formação profissional dos colegas de trabalho.

*"Deus não joga dados com o universo"*  
(Albert Einstein)

# RESUMO

As pessoas com Síndrome do Encarceramento possuem graves restrições motoras. Existem dispositivos e tecnologias que fornecem meios alternativos de comunicação para as pessoas com essas características. Esses mecanismos permitem que essas pessoas mantenham uma forma de comunicação limitada. Um dos mecanismos de comunicação mais utilizados são as Pranchas de Comunicação Alternativa, que podem ser de baixa ou de alta tecnologia. O objetivo deste trabalho é desenvolver o modelo de uma Prancha de Comunicação Alternativa de alta tecnologia que podem ser utilizadas por pessoas com graves restrições motoras. A Prancha de Comunicação Alternativa utiliza dispositivos acionadores como mecanismo de entrada de dados e os métodos de navegação na interface gráfica foram o de varredura e o de navegação direta. Além disso, foram analisadas técnicas de sugestão de conteúdo para minimizar a quantidade de interações entre o usuário e o computador durante a composição de mensagens. Após analisar as técnicas de sugestão identificadas na literatura foi proposto um novo método de sugestão de conteúdo adaptado para o contexto de uso das Pranchas de Comunicação Alternativa. Finalmente, foram realizados dois experimentos que comparam e avaliam as técnicas de sugestão tradicionais com a técnica proposta nesta pesquisa.

**Palavras-chave:** comunicação alternativa e aumentativa; pictograma; prancha de comunicação alternativa; sugestão de conteúdo; tecnologia assistiva

# ABSTRACT

People with Locked-In Syndrome have several motor impairments. Devices and technologies provide alternative means of communication for people with Locked-In Syndrome. These devices allow these people to maintain a limited form of communication. One of the most used communication mechanisms are the Alternative Communication Boards, which is classified as low or high technology. The aim of this work is to develop a model of a high technology Alternative Communication Board. This board uses trigger devices as input mechanism and the methods of navigation in the graphic interface were the scanning and the direct navigation. Therefore, I analyzed suggestion techniques that minimize users effort interaction while composing messages. After the analyze I developed a new suggestion method. The method were build aiming the context of use of alternative communication boards. Finally, two experiments were carried out. The experiments compares and evaluates the traditional suggestion techniques with the technique proposed in this thesis.

**Key-words:** alternative communication board; assistive technology; augmentative and alternative communication; content suggestion; pictogram



# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Matriz 4 x 3 que contém a relação de letras e atividades diárias disponíveis .	27
Figura 2.2 – Ambiente de comunicação que possui as funcionalidades de selecionar uma entrada de texto simples ou uma atividade diária e movimentar o cursor do mouse . . . . .	28
Figura 2.3 – Captura de tela do protótipo do teclado que apresenta as letras do alfabeto em ordem sequencial . . . . .	29
Figura 2.4 – Teclado circular com módulo de predição de palavras (a) Letras agrupadas em setores; (b) desdobramento do teclado após a seleção de um setor . . . .	29
Figura 2.5 – Teclado virtual que diferencia consoantes, vogais, números e pontuações pela associação de cores para cada grupo . . . . .	30
Figura 2.6 – Modelo de prancha de comunicação para a elaboração de mensagens informais	31
Figura 2.7 – Interação do usuário com o ambiente de comunicação proposto . . . . .	34
Figura 3.1 – Visão geral das técnicas de BCI classificadas de acordo com a natureza do sinal . . . . .	40
Figura 3.2 – Dispositivos de BCI utilizados em ambiente de pesquisa. (a) EEG; (b) fMRI	42
Figura 3.3 – Produtos de BCI comercializados pela empresa Emotiv <sup>TM</sup> . (a) <i>EPOC</i> ; (b) <i>Insight</i> ; (c) <i>MindWave Mobile EEG headset</i> . . . . .	42
Figura 3.4 – Exemplo do aparato físico necessário para o funcionamento de um sistema computacional baseado em EOG . . . . .	44
Figura 3.5 – Civiam PCEye . . . . .	45
Figura 3.6 – Dispositivos acionadores. (a) Acionador por pressão. Pode-se utilizar as mãos, os pés, o cotovelo, a cabeça ou outra parte do corpo com movimento voluntário; (b) Acionador pelo sopro; (c) Acionador por uma pequena tração com o polegar . . . . .	46
Figura 3.7 – Esquema do funcionamento do modelo de varredura com o intervalo de tempo de 500 ms para cada opção . . . . .	48
Figura 3.8 – Opções que podem ser acessadas conforme o tamanho da palavra. (a) possíveis opções para as palavras de tamanho 1, (b) opções para as palavras de tamanho 2 e (c) possíveis opções para as palavras de tamanho 3 . . . . .	50
Figura 3.9 – Tempo de execução dos comandos 4, 5 e 13 da Figura 3.8(c) . . . . .	51
Figura 4.1 – Prancha de comunicação alternativa física . . . . .	54
Figura 4.2 – Associação das cores com os grupos gramaticais definidos na chave de Fritzergerald . . . . .	54
Figura 4.3 – Exemplo de um pictograma para cada tipo de agrupamento . . . . .	55
Figura 4.4 – Exemplo de uma frase utilizando o sistema PIC . . . . .	55

Figura 4.5 – Exemplo de prancha de comunicação temática . . . . .	56
Figura 4.6 – Hierarquização para a implementação dos recursos da área de CAA . . . . .	58
Figura 4.7 – PCAs de baixa tecnologia. (a) <i>EyeLink</i> ; (b) <i>E-tran</i> ; (c) PCA . . . . .	59
Figura 4.8 – PCAs de alta tecnologia. (a) <i>DynaVox Maestro</i> ; (b) <i>Prentke Romich Accent</i> ; (c) <i>Saltillo Nova-Chat</i> . . . . .	61
Figura 4.9 – Tela de seleção de pictogramas do <i>software</i> Grid 3 . . . . .	64
Figura 4.10–Teclado virtual para a formulação de mensagens textuais do <i>software</i> Grid 3	65
Figura 4.11–Tela de seleção de pictogramas do <i>software</i> Proloquo2Go . . . . .	66
Figura 4.12–Principais telas do Livox. (a) Menu principal; (b) Tela de navegação de pic- togramas . . . . .	68
Figura 4.13–Tela de seleção dos pictogramas do <i>software</i> Que Fala! . . . . .	69
Figura 5.1 – Exemplo do método de sugestão por frequência na escolha de pictogramas .	73
Figura 5.2 – Maneiras de representar uma cadeia de Markov. (a) diagrama de estados; (b) matriz de transição de estados . . . . .	74
Figura 5.3 – Representação na forma de diagrama de estados da cadeia de Markov mos- trada na Tabela 5.1 . . . . .	77
Figura 5.4 – Elementos representados na CBML . . . . .	82
Figura 5.5 – Exemplo gráfico de uma configuração realizada na modelagem CBML . . .	83
Figura 6.1 – Tela inicial da Prancha de Comunicação Alternativa proposta neste trabalho	86
Figura 6.2 – Configurações disponíveis para a customização da PCA . . . . .	87
Figura 6.3 – Fluxo de processo da tela inicial . . . . .	88
Figura 6.4 – Editor de mensagens rápidas . . . . .	89
Figura 6.5 – Tela de pesquisa de pictogramas . . . . .	90
Figura 6.6 – Características do teclado virtual assistivo . . . . .	91
Figura 6.7 – <i>Layout</i> do teclado virtual assistivo . . . . .	92
Figura 6.8 – Lógica do método de sugestão de conteúdo híbrido . . . . .	93
Figura 6.9 – Funcionamento do algoritmo de sugestão de grupo . . . . .	94
Figura 6.10–Funcionamento do algoritmo de sugestão de pictogramas . . . . .	96
Figura 6.11–Funcionamento do algoritmo de sugestão de frases . . . . .	97
Figura 7.1 – Detalhamento das etapas do experimento . . . . .	108
Figura 7.2 – Exemplo de pictogramas ambíguos para os termos aborrecer e espremer . .	110
Figura 7.3 – Tela do <i>software</i> Unitex com o recurso de categorização de texto . . . . .	111
Figura 7.4 – Comparação dos métodos de sugestão de conteúdo para a métrica do esforço para a seleção de pictogramas. (a) Autor A; (b) autor B; (c) autor C; (d) autor D; (e) autor E. . . . .	114
Figura 7.5 – Esforço para a seleção de pictogramas em diferentes percentuais de texto utilizados no treinamento. (a) 1%; (b) 50%; (c) 100%. . . . .	115
Figura 7.6 – Esforço médio para a seleção de pictogramas utilizando 100% do texto de treinamento . . . . .	116

Figura 7.7 – Tela principal do programa desenvolvido para realizar as coletas . . . . .	117
Figura 7.8 – Tela de busca de pictogramas . . . . .	118
Figura 7.9 – Tela de busca de pictogramas . . . . .	119
Figura 7.10–Estatística descritiva dos métodos de sugestão de pictogramas. . . . .	123
Figura 7.11–Estatística descritiva dos métodos de sugestão de pictogramas. . . . .	125

# LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Estrutura da classificação HEART . . . . .	24
Tabela 4.1 – Comparação entre as soluções de PCA avaliadas no trabalho de Franco et al. (2014) . . . . .	63
Tabela 5.1 – Matriz de transição de estados em forma de <i>2-gram</i> para o texto “O casal acordou cedo. O casal acordou tarde. O filho do casal acordou” . . . . .	76
Tabela 5.2 – Técnicas de recomendação . . . . .	79
Tabela 5.3 – Características que são associadas às técnicas de recomendação. . . . .	80
Tabela 5.4 – Vantagens e desvantagens das técnicas de recomendação . . . . .	80
Tabela 7.1 – Formato para a definição do objetivo proposto por Basili e Rombach (1988)	99
Tabela 7.2 – Definição dos objetivos deste experimento . . . . .	100
Tabela 7.3 – Relação dos <i>blogs</i> utilizados no experimento . . . . .	103
Tabela 7.4 – Número de publicações, total de palavras e média das palavras por publicação de cada autor analisado . . . . .	109
Tabela 7.5 – Siglas e significados das classes gramaticais adotadas no <i>software</i> Unitex . .	111
Tabela 7.6 – Relação das categorias dos pictogramas com as classes gramaticais . . . . .	112
Tabela 7.7 – Quantidade de pictogramas nos arquivos de texto referentes a cada autor . .	112
Tabela 7.8 – Dados coletados a partir da execução do experimento com 20 voluntários. O resultado do esforço foi registrado para cada uma das 8 mensagens da coleta.	120
Tabela 7.9 – Resultado do teste de normalidade para os dados obtidos a partir da simulação	121
Tabela 7.10–Resultado do teste ANOVA . . . . .	121
Tabela 7.11–Estatística descritiva dos dados obtidos na etapa de coleta . . . . .	122
Tabela 7.12–Resultado do teste de normalidade para os dados obtidos a partir da coleta .	124
Tabela 7.13–Resultado do teste ANOVA para os dados da coleta . . . . .	124
Tabela 7.14–Estatística descritiva dos dados obtidos na etapa de coleta . . . . .	124

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Analógico/Digital
ANOVA	<i>ANalysis Of VAriance</i>
BCI	<i>Brain Computer Interface</i>
CAA	Comunicação Aumentativa e Alternativa
DA	Digital/Analógico
EEG	Eletroencefalografia
EOG	Eletro-oculografia
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
fMRI	<i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i>
FPS	Frames por Segundo
GPC	<i>Gestos por Character</i>
HEART	<i>Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology</i>
IHC	Interface Homem-Computador
PAS	Partner-Assisted Scanning
PCA	Prancha de Comunicação Alternativa
PDS	Processamento Digital de Sinais
PECS	<i>Picture Exchange Communication System</i>
PIC	Pictogramas Ideogramas para a Comunicação
PLN	Processamento de Linguagem Natural
RGB	<i>Red Green Blue</i>
SE	Síndrome do Encarceramento
TA	Tecnologia Assistiva

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>14</b>
1.1	Introdução	14
1.2	Motivação	15
1.3	Justificativa	16
1.4	Objetivos	16
1.5	Problema e Hipóteses	17
1.6	Metodologia de Pesquisa	17
1.7	Contribuições	18
1.8	Estrutura deste Trabalho	19
1.9	Considerações Finais	20
<b>2</b>	<b>Tecnologias Assistivas</b>	<b>21</b>
2.1	Introdução	21
2.2	Tecnologia Assistiva	21
2.3	Sistemas de Comunicação Aumentativa e Alternativa	25
2.3.1	Componentes Primários	26
2.3.2	Componentes Secundários	31
2.3.3	Componentes Terciários	32
2.4	Proposta de Ambiente para Comunicação Aumentativa e Alternativa	34
2.5	Considerações Finais	36
<b>3</b>	<b>Mecanismos de Interação Homem-Computador</b>	<b>37</b>
3.1	Introdução	37
3.2	Sinais Biológicos	38
3.3	Sinais Biológicos para IHC	39
3.3.1	Atividades cerebrais	39
3.3.2	Movimento dos olhos	43
3.4	Dispositivos Acionadores	46
3.5	Mecanismos de Navegação	47
3.5.1	Varredura	47
3.5.2	Seleção direta	48
3.6	Questões de Projeto	51
3.7	Considerações Finais	52
<b>4</b>	<b>Prancha de Comunicação Alternativa</b>	<b>53</b>
4.1	Introdução	53
4.2	Características das Pranchas de Comunicação	53
4.2.1	Prancha de Comunicação Alternativa de Baixa Tecnologia	59

4.2.2	Prancha de comunicação alternativa de alta tecnologia . . . . .	60
4.3	Trabalhos Correlatos . . . . .	62
4.3.1	Pranchas de comunicação de alta tecnologia disponíveis no mercado . . . . .	62
4.3.2	Técnicas para melhoria da performance no processo de comunicação . . . . .	70
4.4	Considerações Finais . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Técnicas de Sugestão de Conteúdo . . . . .</b>	<b>72</b>
5.1	Introdução . . . . .	72
5.2	Frequência de Uso . . . . .	72
5.3	Modelos de Markov . . . . .	74
5.3.1	Cadeias de Markov . . . . .	74
5.3.2	Predição de palavras utilizando cadeias de Markov . . . . .	76
5.4	Sistemas de recomendação . . . . .	77
5.4.1	Técnicas de recomendação . . . . .	77
5.4.2	Comparação das técnicas de recomendação . . . . .	79
5.4.3	Definição da técnica de recomendação para sugestão de pictogramas conforme o problema proposto. . . . .	81
5.5	Modelo de Customização de Vocabulário . . . . .	82
5.6	Considerações Finais . . . . .	84
<b>6</b>	<b>Prancha de Comunicação Alternativa Dinâmica . . . . .</b>	<b>85</b>
6.1	Introdução . . . . .	85
6.2	Prancha de Comunicação Alternativa . . . . .	85
6.2.1	Interação Homem-Computador e mecanismo de navegação . . . . .	85
6.2.2	Layout . . . . .	86
6.2.3	Comunicação por pictogramas . . . . .	88
6.2.4	Comunicação utilizando teclado virtual . . . . .	91
6.2.5	Técnicas de sugestão de conteúdo . . . . .	92
6.3	Considerações Finais . . . . .	97
<b>7</b>	<b>Metodologia e Resultados Obtidos . . . . .</b>	<b>99</b>
7.1	Introdução . . . . .	99
7.2	Protocolo do Experimento . . . . .	99
7.2.1	Objetivos . . . . .	99
7.2.2	Seleção do contexto . . . . .	100
7.2.3	Seleção das variáveis . . . . .	100
7.2.4	Formulação das hipóteses . . . . .	101
7.2.5	Seleção dos sujeitos . . . . .	102
7.2.6	Projeto do experimento . . . . .	103
7.2.7	Instrumentação . . . . .	104
7.2.8	Métricas . . . . .	104
7.2.9	Planejamento da análise dos dados . . . . .	106

7.3	Relato Operacional do Experimento . . . . .	107
7.3.1	Execução do experimento . . . . .	107
7.3.2	Preparação . . . . .	109
7.3.3	Execução do experimento com agentes virtuais . . . . .	112
7.3.4	Execução do experimento com sujeitos reais . . . . .	116
7.4	Análise dos Resultados . . . . .	121
7.4.1	Experimento com agentes virtuais . . . . .	121
7.4.2	Experimento com sujeitos reais . . . . .	123
7.5	Conclusões . . . . .	125
<b>8</b>	<b>Conclusões e Trabalhos Futuros . . . . .</b>	<b>127</b>
8.1	Introdução . . . . .	127
8.2	Conclusões . . . . .	127
8.3	Trabalhos Futuros . . . . .	128
8.4	Considerações finais . . . . .	128
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>129</b>



# CAPÍTULO 1

## *INTRODUÇÃO*

### 1.1 Introdução

A habilidade de se comunicar é parte essencial da interação entre os seres humanos. Essa comunicação é uma característica imprescindível para pessoas com necessidades especiais. Esse tipo de pessoa precisa comunicar suas necessidades básicas aos seus familiares ou cuidadores, uma vez que elas podem estar impossibilitadas de realizar tarefas básicas (AL-ABDULLATIF et al., 2013). Viabilizar a comunicação das pessoas com necessidades especiais aumenta consideravelmente a sua qualidade de vida.

Existem deficiências que afetam o aspecto cognitivo e de comunicação das pessoas. Alguns exemplos desses tipos de deficiência são o autismo, a deficiência intelectual, a dislexia e as disfunções emocionais e comportamentais (ALWELL; COBB, 2009). Porém, existem pessoas com deficiências mais graves que possuem suas funções cognitivas preservadas, mas estão inaptas a se comunicarem de forma natural (HILL, 2010).

Muitas vezes essas pessoas possuem restrições motoras e de fala ao mesmo tempo. Assim, a comunicação verbal e a linguagem corporal dessas pessoas são prejudicadas. A situação mais extrema é caracterizada pela Síndrome do Encarceramento (SE). Na SE a pessoa perde completamente suas funções motoras, mantendo apenas o movimento dos olhos (KEEGAN; BURKE; CONDRON, 2009). Essa síndrome pode ser causada por paralisia cerebral, Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), tetraplegia e doenças degenerativas do sistema nervoso (CARDWELL et al., 2012).

Existem dispositivos e tecnologias que fornecem meios alternativos de comunicação para as pessoas com graves restrições motoras. Esses mecanismos permitem que essas pessoas mantenham alguma forma de comunicação. A Tecnologia Assistiva (TA) é a área de conhecimento que pesquisa o desenvolvimento de mecanismos de acessibilidade para auxiliar pessoas com deficiência (COLKER, 1999).

Os mecanismos e aplicações clínicas da TA destinados à comunicação estão vinculados a uma subárea dessa linha de pesquisa chamada Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA). CAA é todo e qualquer recurso que pode ser utilizado para codificar e transmitir uma

mensagem, sem requerer habilidades de escrita ou vocalização (MACEDO, 1998). Assim, a área de conhecimento de CAA pesquisa formas de codificação e transmissão de mensagens pelo computador pessoal fornecendo acessibilidade para pessoas com SE.

Uma pessoa com SE possui dois tipos de sinais biológicos que podem ser convertidos em comandos computacionais. Esses sinais são o movimento dos olhos e os das atividades cerebrais (CIPRESSO et al., 2011). As tecnologias de CAA são desenvolvidas a partir desses mecanismos de interação.

Um tipo de solução de CAA que permite a comunicação de uma pessoa com graves restrições motoras são as Pranchas de Comunicação Alternativa (PCA). As PCAs são quadros ou cartazes que contém uma série de símbolos utilizados para a composição de uma mensagem. A utilização dessas pranchas exige uma forte interação entre os participantes da conversa. Essa interação é necessária pois as pessoas que utilizam a PCA direcionam o olhar para os símbolos existentes na prancha de tal que forma que os interlocutores possam auxiliá-las na composição da mensagem.

Esse processo de troca de informações é demorado e pode causar frustrações limitando a comunicação para apenas coisas importantes. Essa limitação tem sido minimizada com o surgimento das PCAs eletrônicas. Essas pranchas digitais possuem recursos que auxiliam o processo de comunicação.

A proposta deste trabalho é desenvolver o modelo de uma PCA digital de alta tecnologia. Essa prancha usará um mecanismo de interação que utiliza dispositivos acionadores como forma de entrada de dados. Além disso, a PCA proposta deve minimizar o esforço para a composição de mensagens formuladas pelo usuário. Foram analisadas técnicas de sugestão de conteúdo para viabilizar a otimização da estruturação das mensagens.

## 1.2 Motivação

As pessoas que estão nas condições causadas pela Síndrome do Encarceramento necessitam de dispositivos que forneçam meios alternativos de comunicação, pois elas estão impossibilitadas de se comunicarem de forma oral e gestual. O desenvolvimento de uma PCA para pessoas com essa síndrome permite que elas se expressem e interajam com as pessoas do seu ciclo social. Viabilizar essa comunicação pode melhorar a qualidade de vida das pessoas que fazem uso dessa tecnologia.

As PCAs eletrônicas que utilizam mecanismos acionadores para a entrada de dados permitem que seus usuários utilizem essa prancha sem o auxílio de uma pessoa intermediária. Além disso, as funcionalidades de escrita otimizada e mensagens rápidas torna esse tipo de

tecnologia indispensável para pessoas com SE.

Assim, a motivação deste trabalho é desenvolver um aparato tecnológico para auxiliar a comunicação de pessoas com graves restrições motoras. O modelo da prancha desenvolvida neste trabalho deve assegurar que o seu usuário possa utilizá-la de forma independente sem o auxílio direto de um cuidador.

### 1.3 Justificativa

De acordo com o Censo de 2010, cerca de 24% da população brasileira possui algum tipo de deficiência. Dessas pessoas 7% tinham algum tipo de deficiência motora (IBGE, 2010). Apesar do número de pessoas com deficiência no Brasil ser elevado, são escassos os estudos e os processos de pesquisa e desenvolvimento na área de Tecnologia Assistiva (GARCÍA; FILHO, 2012).

As principais limitações dos mecanismos de CAA é a baixa velocidade na interação do usuário com o computador e o alto custo para a aquisição dos equipamentos (FU; HO, 2009). A otimização dos mecanismos de entrada de dados podem tornar os dispositivos de CAA mais acessíveis à realidade socioeconômica nacional. Além disso, é necessário um estudo sobre a usabilidade de sistemas de comunicação com a finalidade de aumentar a performance da composição de mensagens e diminuir a frustração do usuário.

Não foram identificados estudos que relacionam as melhores técnicas para a composição de mensagens dos mecanismos de CAA destinadas a pessoas com SE. Novos estudos podem contribuir com o acervo de soluções existentes na literatura.

### 1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o modelo de uma Prancha de Comunicação Alternativa para pessoas com Síndrome do Encarceramento ou limitações motoras severas. O objetivo dessa PCA é minimizar o esforço na composição de mensagens pictográficas. Os objetivos específicos desta tese são:

- Pesquisar sobre Tecnologia Assistiva e Comunicação Alternativa e Aumentativa;
- Analisar os mecanismos de Interação Homem-Computador existentes na literatura;
- Identificar as características e o estado da arte relacionados às Pranchas de Comunicação Alternativa;

- Identificar as técnicas de sugestão de conteúdo adequadas ao problema de sugestão de pictogramas;
- Implementar mecanismos de navegação nas interfaces gráficas que usam os métodos de varredura e de seleção direta;
- Modelar uma Prancha de Comunicação Alternativa que utiliza as técnicas de sugestão de conteúdo para a composição de mensagens pictográficas;
- Integrar o teclado virtual proposto por Gomide et al. (2016); e
- Comparar e avaliar os métodos de sugestão de conteúdo para pictogramas.

## 1.5 Problema e Hipóteses

As Pranchas de Comunicação Alternativa requerem um alto esforço para a entrada de dados e exigem a presença de uma outra pessoa para auxiliar a sua utilização (CASANOVA et al., 2003; SÖDERHOLM; MEINANDER; ALARANTA, 2001; WILSON et al., 2011; SMART et al., 2008). A maioria das PCAs identificadas na literatura são desenvolvidas para outros tipos de usuários, como por exemplo, pessoas com autismo e com déficit cognitivo.

Na pesquisa realizada nesta tese foram encontrados estudos isolados que possuem algumas funcionalidades que podem ser aproveitadas para o projeto da PCA proposta nesta tese. Por exemplo, existem trabalhos que descrevem apenas os elementos de Interação Homem-Computador e outras publicações que analisam a questão de algoritmos de sugestão de conteúdo. Além disso, existem pesquisas que descrevem aplicações das PCAs nos ambientes clínico e doméstico.

A hipótese deste trabalho é que a inclusão de técnicas de sugestão de conteúdo para a composição de mensagens pictográficas pode reduzir o número de interações voluntárias em uma PCA eletrônica durante a elaboração de uma mensagem.

## 1.6 Metodologia de Pesquisa

O levantamento do estado da arte dos temas pesquisados nesta tese foi realizado de forma exploratória a partir da consulta da literatura em artigos científicos, publicações em congressos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Todo o material consultado está disponível de forma digital e na *internet*.

Inicialmente foi realizado uma revisão sistemática para determinar o estado da arte da área de Tecnologia Assistiva e Comunicação Alternativa e Aumentativa (LOJA et al., 2015).

Nesta revisão sistemática foi discutida a necessidade de realizar uma pesquisa nessas áreas de conhecimento. Essas pesquisas serão importantes para estudar diversos assuntos a serem desenvolvidos relacionados às áreas de TA e CAA. O restante da fundamentação teórica foi realizado por buscas manuais por materiais de estudo em agregadores de periódicos científicos.

A análise da fundamentação teórica permitiu a elaboração da proposta de um modelo de uma Prancha de Comunicação Alternativa com a finalidade de minimizar o esforço do usuário durante a navegação e a elaboração das mensagens pictográficas.

A comprovação da hipótese deste trabalho foi pela execução de um experimento. O protocolo deste experimento foi definido e os resultados preliminares foram apresentados.

## 1.7 Contribuições

O desenvolvimento deste trabalho contribuiu com a comunidade acadêmica por intermédio de publicações de artigos em eventos científicos, periódicos, capítulo de livro e trabalho de conclusão de curso de graduação. Essas contribuições foram:

- Publicação em periódicos com Qualis
  - Artigo intitulado “*A new concept of assistive virtual keyboards based on a systematic review of text entry optimization techniques*” no periódico *Research on Biomedical Engineering* (GOMIDE et al., 2016);
  - Artigo intitulado “*A Systematic Review on Methods and Techniques for Optimizing Assistive Virtual Keyboards*” no periódico *Revista IEEE América Latina* (GOMIDE et al., 2015a);
  - Artigo intitulado “*A Concept-Environment for Computer-based Augmentative and Alternative Communication founded on a Systematic Review*” no periódico *Research on Biomedical Engineering* (LOJA et al., 2015).
- Capítulo de livro
  - Capítulo de livro intitulado “Tecnologia Assistiva: Mapeando a Área” do livro “*Formação e Políticas Públicas na Educação: Tecnologias, Aprendizagem, Diversidade e Inclusão*”, ISBN 9788581487076 (RAHME, 2014).
- Publicação em congressos e eventos científicos
  - Artigo completo intitulado “Um Componente para Detecção de Piscada de Olhos Utilizando a Interação Homem-Computador” apresentado e publicado nos anais do

- evento XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica (SARDINHA et al., 2016);
- Artigo completo intitulado “Um Estudo Preliminar do Protocolo de Navegação de Interfaces Gráficas Baseado na Codificação de Huffman” apresentado e publicado nos anais do evento XIII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica (GOMIDE et al., 2015b);
  - Artigo completo intitulado “Revisão Sobre Otimizações de Layouts de Teclados Virtuais Aplicados a Tecnologia Assistiva” publicado nos anais do evento XIII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica (LOJA et al., 2015).
- Trabalho de conclusão de curso
    - Coorientação do trabalho de conclusão de curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas intitulado “Eye Blink - Uma Nova Biblioteca para a Detecção do Piscar dos Olhos”, defendido em março de 2016 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Campus Luziânia (FERREIRA, 2015).

## 1.8 Estrutura deste Trabalho

Este trabalho está estruturado em oito capítulos. Este capítulo apresenta a motivação, a justificativa, os objetivos, os problemas e as hipóteses, a metodologia de pesquisa, as contribuições e a estrutura deste trabalho.

O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos de Tecnologia Assistiva e de Comunicação Alternativa e Aumentativa. Além disso, são descritos os resultados de uma revisão sistemática realizada por Loja et al. (2015).

O Capítulo 3 descreve os conceitos fundamentais de processamento de sinais biológicos. Além disso, são descritos e detalhados os tipos de tarefas voluntárias que as pessoas com limitação motora severa estão aptas a realizar e quais são os principais dispositivos acionadores que fazem interface com um computador pessoal. Finalmente, são discutidas as questões de projeto que devem ser consideradas para o desenvolvimento de uma prancha de comunicação destinada a essas pessoas.

O Capítulo 4 apresenta as principais características básicas das pranchas de comunicação físicas e eletrônicas. Além disso, são descritos os recursos tecnológicos aplicados a esses tipos de solução de CAA. Finalmente, são apresentados os direcionamentos das novas pesquisas que devem inovar as pranchas de comunicação.

O Capítulo 5 descreve as técnicas que auxiliam no processo de sugestão de conteúdo. A primeira seção descreve a abordagem de sugestão por frequência de uso de pictogramas. Os modelos de Markov que utilizam a probabilidade de transição de estados para realizar as sugestões são apresentados na segunda seção. Em seguida, é descrito o uso de sistemas de recomendação que realizam a sugestão a partir do perfil do usuário e dos elementos a serem sugeridos. Finalmente, é apresentado um modelo de customização de vocabulário. Esse modelo possibilita a vinculação de grupos de palavras a determinados contextos da aplicação.

O Capítulo 6 apresenta o modelo da Prancha de Comunicação Alternativa desenvolvido neste trabalho. O mecanismo de navegação na PCA pode ser configurado para utilizar o método de seleção direta ou varredura. É apresentado o layout do modelo da PCA, a integração do teclado virtual proposto em Gomide et al. (2016) e as técnicas de sugestão de conteúdo.

O Capítulo 7 descreve o planejamento e a descrição da execução do experimento científico para comparar as técnicas de sugestão de conteúdo propostas nesta tese. As comparações são realizadas com a finalidade de avaliar os esforços executados para que o usuário componha uma mensagem pictográfica.

O Capítulo 8 apresenta as conclusões finais deste trabalho e descreve as próximas etapas que podem ser executadas a partir dos resultados obtidos.

## 1.9 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a motivação, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, o problema e a hipótese, a metodologia de pesquisa e a estrutura deste trabalho.

O próximo capítulo apresenta os principais conceitos de Tecnologia Assistiva e de Comunicação Alternativa e Aumentativa. Além disso, são descritos os resultados de uma revisão sistemática realizada por Loja et al. (2015). E finalmente, são realizadas as considerações finais deste capítulo.

# CAPÍTULO 2

## *TECNOLOGIAS ASSISTIVAS*

### 2.1 Introdução

A Tecnologia Assistiva é a área de conhecimento que reúne equipamentos, serviços e metodologias utilizadas para minimizar os problemas funcionais das pessoas com deficiência (COLKER, 1999). Existem diversos tipos de deficiências, tais como motoras, de fala, deficiências que prejudicam o aspecto cognitivo do paciente, entre outras.

Devido a grande variação de deficiências e limitações causadas por elas é necessário o desenvolvimento de métodos distintos para tratar cada limitação. A TA pode ser classificada de acordo com o tipo da deficiência e os métodos de tratamento.

Por exemplo, a sub-área de TA que atende as pessoas com restrição de fala, escrita funcional ou com alguma limitação de comunicação é denominada de Comunicação Alternativa e Aumentativa.

Este capítulo apresenta os principais conceitos de TA e de CAA. Além disso, são descritos os resultados de uma revisão sistemática realizada por Loja et al. (2015). E finalmente, são realizadas as considerações finais deste capítulo.

### 2.2 Tecnologia Assistiva

A comunicação é parte integral da interação entre os seres humanos. Essa característica se torna mais essencial para pessoas com deficiências mais graves, pois eles possuem limitações que os impedem de ser totalmente independentes. Assim, essas pessoas necessitam se comunicar com seus familiares ou cuidadores para que eles os auxiliem em tarefas básicas como ir ao banheiro (AL-ABDULLATIF et al., 2013).

Algumas deficiências mais graves podem limitar tanto o aspecto cognitivo como a capacidade de comunicação do paciente. Alguns exemplos desse tipo de deficiência são o autismo, a deficiência intelectual, a dislexia e as disfunções emocionais (ALWELL; COBB, 2009). Porém, existem deficiências que preservam as funções cognitivas e restringem a capacidade de comuni-



cação natural do ser humano (HILL, 2010).

Assim, as pessoas com esse tipo de deficiência possuem restrições motoras e de fala ao mesmo tempo. Portanto, a comunicação verbal e a linguagem corporal são prejudicadas impedindo o indivíduo de se comunicar. O caso mais extremo é caracterizado pela Síndrome do Encarceramento (SE). As pessoas que possuem essa síndrome perdem completamente suas funções motoras, mantendo apenas o movimento dos olhos (KEEGAN; BURKE; CONDRON, 2009). A SE pode ser causada por paralisia cerebral, Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), tetraplegia e doenças degenerativas do sistema nervoso (CARDWELL et al., 2012).

Os indivíduos com SE necessitam de dispositivos que forneçam meios alternativos de comunicação, pois essas pessoas não possuem comunicação oral e tampouco gestual. A TA é uma área de conhecimento que pesquisa o desenvolvimento de mecanismos de acessibilidade. Colker (1999) define TA como:

“Uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiência.”

Os equipamentos desenvolvidos em TA são organizados de acordo com os objetivos funcionais para o qual foram desenvolvidos. Em 2002, foi criado o padrão internacional ISO 9999/2002, intitulado como *Technical aids for persons with disabilities – Classification and terminology*. Esse padrão formalizou a organização, a prescrição, o estudo e a pesquisa em TA (ISO, 2002).

A ISO 9999/2002 organizou os recursos de TA de acordo com a sua aplicação. As onze classes definidas nessa norma foram:

- a) Ajuda para tratamento clínico individual;
- b) Ajuda para treino de capacidades;
- c) Órteses e próteses;
- d) Ajuda para cuidados pessoais e de proteção;
- e) Ajuda para mobilidade pessoal;
- f) Ajuda para cuidados domésticos;
- g) Mobiliário e adaptações para habitação e outros locais;
- h) Ajuda para a comunicação, informação e sinalização;
- i) Ajuda para o manejo de produtos e mercadorias;
- j) Ajuda e equipamentos para melhorar o ambiente, ferramentas e máquinas;
- k) Ajuda para a recreação.

Apesar da norma técnica categorizar os recursos de TA em elementos bastante distintos, esse tipo de classificação é limitada. Pois, essa categorização classifica apenas os produtos desenvolvidos para o apoio às pessoas com deficiência. Portanto, serviços de tecnologias que auxiliam os indivíduos com restrição não são considerados pela ISO 9999/2002 (GARCÍA; FILHO, 2012).

Além da ISO 9999/2002 existem na literatura classificações mais informais que não são orientadas por produtos ou serviços. Um exemplo desse tipo de classificação é a *Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology* (HEART) (CONSORTIUM, 1993).

A classificação HEART, utilizada com mais frequência na Europa, é fundamentada nas tecnologias de apoio de acordo com os conhecimentos relacionados a seu uso. Esse modelo possui como áreas de apoio os componentes técnicos, humanos e sócio-econômicos.

Os componentes técnicos estão relacionados aos recursos de diferentes atividades. Essas atividades são a **comunicação**, a **mobilidade**, a **manipulação** e a **orientação**.

O efeito causado no ser humano pela deficiência está relacionado aos componentes humanos. Esses componentes são categorizados como **tópicos sobre a deficiência**, a **aceitação da ajuda técnica**, a **seleção da ajuda técnica**, o **aconselhamento sobre as ajudas técnicas** e a **assistência pessoal**.

Finalmente, os componentes sócio-econômicos consideram as relações, as interações e os efeitos entre um usuário de TA e o seu ambiente social. Esses componentes são classificados como **noções básicas de ajudas técnicas**, **noções básicas do desenho universal**, **emprego**, **prestação de serviços**, **normalização/qualidade**, **legislação/economia** e **recursos de informação**.

A Tabela 2.1 mostra a estrutura da classificação da HEART. A maior vantagem dessa categorização é expandir a aplicação de TA para algo além dos produtos e dispositivos. Os componentes humano e sócio-econômico complementam essa forma de classificação.

Tabela 2.1 – Estrutura da classificação HEART

Componente	Classes
Técnico	Comunicação; Mobilidade; Manipulação; Orientação
Humano	Tópicos sobre a deficiência; Aceitação da ajuda técnica; Seleção da ajuda técnica; Aconselhamento sobre as ajudas técnicas; Assistência pessoal
Sócio-econômico	Noções básicas de ajudas técnicas; Noções básicas do desenho universal; Emprego; Prestação de serviços; Normalização/qualidade; Legislação/economia; Recursos de informação

Os pesquisadores Tonolli e Bersch apresentaram uma nova classificação para a área de TA (BERSCH, 2008). Essa classificação é mais utilizada no meio acadêmico e está fundamentada na existência de recursos e serviços para cada subárea relacionada a Classificação Nacional de Tecnologia Assistiva do Departamento de Educação dos Estados Unidos (BRASIL, 2009). Esses pesquisadores definiram e classificaram as categorias de TA como:

- a) Auxílio para a vida diária e a vida prática - materiais e produtos que permitem o desempenho autônomo das atividades diárias;
- b) Comunicação Aumentativa e Alternativa - atende pessoas sem fala ou escrita funcional ou com alguma limitação de comunicação;
- c) Recursos de acessibilidade ao computador - conjunto de hardware e software que torna acessível o uso do computador para pessoas que possuem limitações visuais, auditivas, intelectuais e motoras;
- d) Sistemas de controle de ambiente - utilização de controles remotos que ligam ou desligam dispositivos que controlam um ambiente que usa tecnologias de automação residencial;
- e) Projetos arquitetônicos para acessibilidade - projetos de arquitetura e urbanismo que garantem o acesso, a funcionalidade e a mobilidade para pessoas com necessidades especiais;

- f) Órteses e próteses - próteses são peças artificiais que substituem partes do corpo e órteses são instaladas junto com segmentos do corpo para auxiliar o desempenho de alguma tarefa;
- g) Adequação Postural - recursos que mantêm o alinhamento e a estabilidade da postura;
- h) Auxílios de mobilidade - equipamento ou estratégia que influencia a melhoria da mobilidade pessoal;
- i) Auxílio para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas - equipamentos que auxiliam pessoas com restrições das habilidades visuais;
- j) Auxílio a pessoas com surdez ou com déficit auditivo - auxílio que inclui equipamentos e técnicas de recursos visuais e táteis;
- k) Mobilidade em veículos - acessórios que possibilitam uma pessoa com deficiência física dirigir ou embarcar em veículos com facilidade;
- l) Esporte e lazer - recursos que favorecem a prática de esportes ou atividades recreativas.

Este trabalho utiliza a classificação proposta por Tonolli e Bersch (BERSCH, 2008) pela sua ampla aceitação na comunidade científica. Além disso, o *software* proposto nesta tese pode ser classificado como um sistema de Comunicação Aumentativa e Alternativa.

A próxima seção apresenta mais detalhes sobre CAA e os principais trabalhos acadêmicos relacionados a sistemas dessa área.

## 2.3 Sistemas de Comunicação Aumentativa e Alternativa

Esta seção apresenta os conceitos de CAA, como os sistemas dessa área são organizados e descreve os principais trabalhos correlatos encontrados na literatura. Esses trabalhos foram selecionados a partir de uma revisão sistemática realizada por Loja et al. (2015).

Macedo (1998) definiu CAA como:

“Todo e qualquer recurso que pode ser utilizado para codificar e transmitir uma mensagem, sem requerer habilidades de escrita ou vocalização.”

Portanto, a CAA reúne métodos e tecnologias utilizadas para auxiliar ou substituir a comunicação oral de pessoas com limitações de fala (WILKINSON; HENNIG, 2007).

A SE é conhecida pelos danos motores e de fala que restringem a capacidade de comunicação oral e gestual dos pacientes que possuem essa síndrome. Assim, os pacientes com SE perdem completamente as funções motoras dos membros superiores e inferiores, mantendo apenas estímulos motores limitados, como o movimento dos olhos (KEEGAN; BURKE; CONDRON, 2009).

Normalmente, essa síndrome ocorre devido a um evento vascular ou traumático. Quando a SE é causada por um trauma o paciente pode ter algum tipo de prejuízo cognitivo (BLACKMAN et al., 2008). Patterson e Grabois (1986) verificaram que dentre 139 pessoas com SE, 82 pacientes apresentaram a deficiência após um infarto do miocárdio. Dos 139 pacientes, 74 relataram que no início da manifestação dessa deficiência os principais sintomas foram vertigem, hemiparesia, dores de cabeça e formigamentos em algumas partes do corpo.

Assim como os sintomas iniciais, o quadro final do paciente também pode variar. Mak e Wolpaw (2009) e Sorger et al. (2009) classificaram a SE em três tipos: **incompleta**, **clássica** e **completa**. Na SE **incompleta**, a pessoa possui movimentos voluntários limitados, como por exemplo, mover um dedo ou parte do rosto. Pessoas que possuem a SE **clássica** podem apenas mover ou piscar os olhos. Finalmente, a SE **completa** impossibilita o paciente de realizar movimentos voluntários em qualquer parte do corpo.

Devido as suas limitações, os pacientes com SE necessitam de dispositivos de CAA como meio de comunicação. Esses dispositivos são analisados de acordo com a sua ambientação. Hill (2010) analisou a estrutura de um sistema de CAA e propôs uma classificação em forma de componentes. Essa classificação define três componentes distintos **primários**, **secundários** e **terciários**.

### 2.3.1 Componentes Primários

Os componentes primários determinam a forma que os ambientes de comunicação representam a linguagem natural. Essa representação pode ser realizada por imagens, técnicas que utilizam o alfabeto ou a compactação semântica. Esses conceitos são tecnologicamente independentes e podem ser usados para definir as estratégias de comunicação dos dispositivos de CAA (HILL, 2010).

A maioria das soluções de dispositivos de CAA apresentam mensagens pré-definidas de acordo com as necessidades diárias mais frequentes de um paciente. Entretanto, essa metodologia é limitada. A complexidade do processo de construção de uma nova mensagem deve ser minimizada pelas técnicas de otimização de entrada de texto.

Prabhu e Prasad (2011), Doval, Carballo e Jeremias (2010), Bhattacharya, Samanta e Basu (2008a), Bhattacharya, Samanta e Basu (2008b), Orhan et al. (2012), Park et al. (2012b)

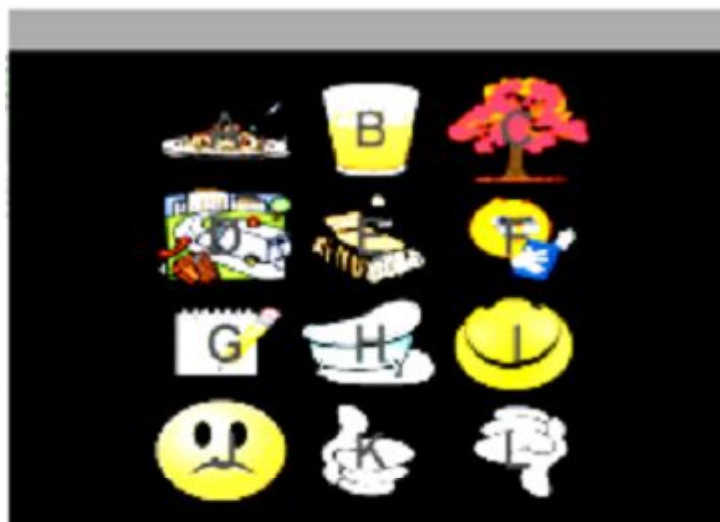
e Naves, Rocha e Pino (2012) apresentaram sistemas de CAA que usam apenas a linguagem textual para compor uma mensagem. Silva e Pereira (2011) propuseram um sistema que compõe mensagens híbridas utilizando compactação semântica.

O uso de uma linguagem híbrida composta de textos e figuras auxilia o usuário a identificar a opção desejada de maneira simples associando as opções às suas representações visuais. Assim, cada figura deve representar um significado único e imagens semelhantes devem ser evitadas.

O nível cultural e escolar das pessoas que utilizam os sistemas de CAA devem ser considerados na definição da linguagem do sistema. Dessa maneira, a linguagem textual é útil para usuários alfabetizados, enquanto a linguagem que usa símbolos e figuras pode ser aplicada para qualquer tipo de usuário.

Arboleda et al. (2009) utilizaram uma matriz de quatro linhas e três colunas na qual o usuário pode escrever uma mensagem ou selecionar algumas atividades diárias, como por exemplo, pedir água ou falar se ele está se sentindo bem. O sistema mostra automaticamente as imagens e as letras e o paciente emite um sinal escolhendo a opção desejada. A Figura 2.1 mostra um exemplo de uma das telas disponíveis na solução de Arboleda et al. (2009).

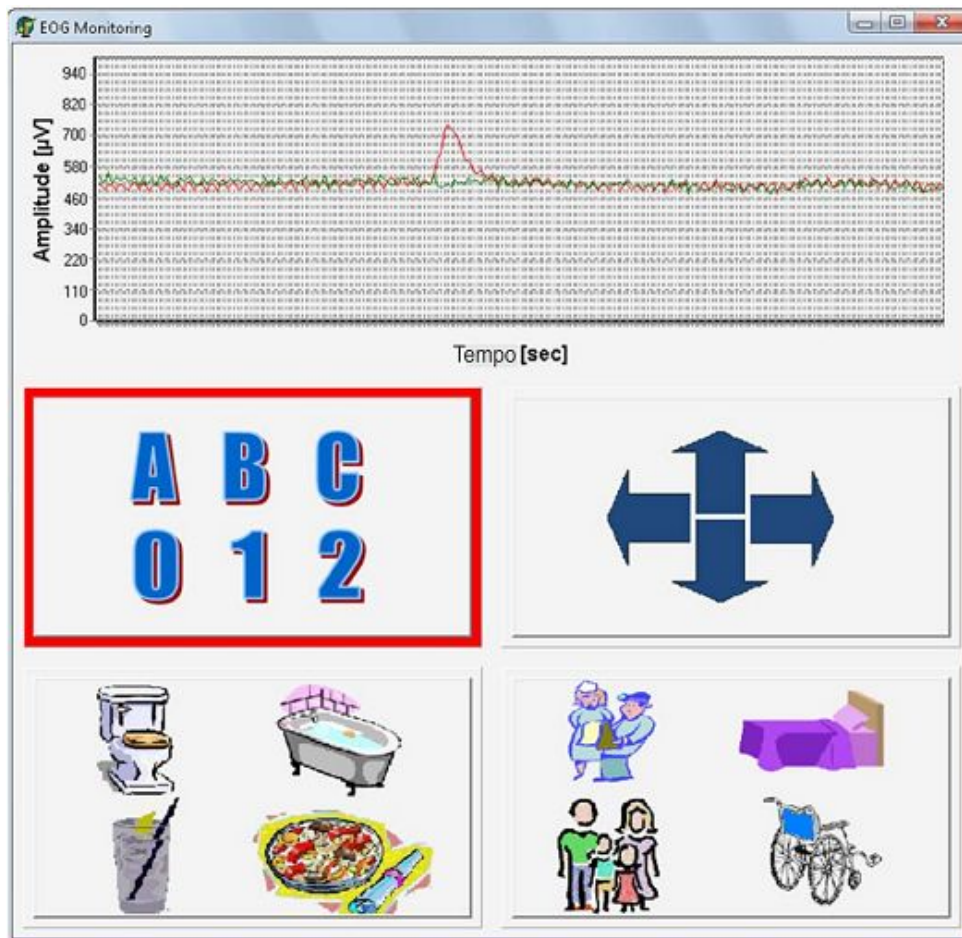
Figura 2.1 – Matriz 4 x 3 que contém a relação de letras e atividades diárias disponíveis



Fonte: (ARBOLEDA et al., 2009)

Usakli e Gurkan (2009) e colegas adotaram uma estratégia híbrida que utiliza imagens e caracteres para substituir a linguagem natural. Nesse ambiente de comunicação, o usuário pode expressar a sua vontade de três maneiras distintas. O paciente pode escolher uma imagem representativa, escrever textos usando um teclado virtual ou controlar o mouse utilizando botões que representam a direção do movimento. A Figura 2.2 mostra o sistema proposto por esses pesquisadores.

Figura 2.2 – Ambiente de comunicação que possui as funcionalidades de selecionar uma entrada de texto simples ou uma atividade diária e movimentar o cursor do mouse



Fonte: Adaptado de Usakli e Gurkan (2009)

Os trabalhos de Orhan et al. (2012) e Prabhu e Prasad (2011) utilizaram o alfabeto para representar a linguagem natural. Orhan et al. (2012) usaram uma interface gráfica simplificada que apresenta as letras do alfabeto de forma sequencial, uma por uma, até que o usuário identifique e escolha a letra desejada para compor o texto. A Figura 2.3 mostra o protótipo do *layout* do teclado proposto. Esses pesquisadores relataram que esse *layout* necessita de melhorias.

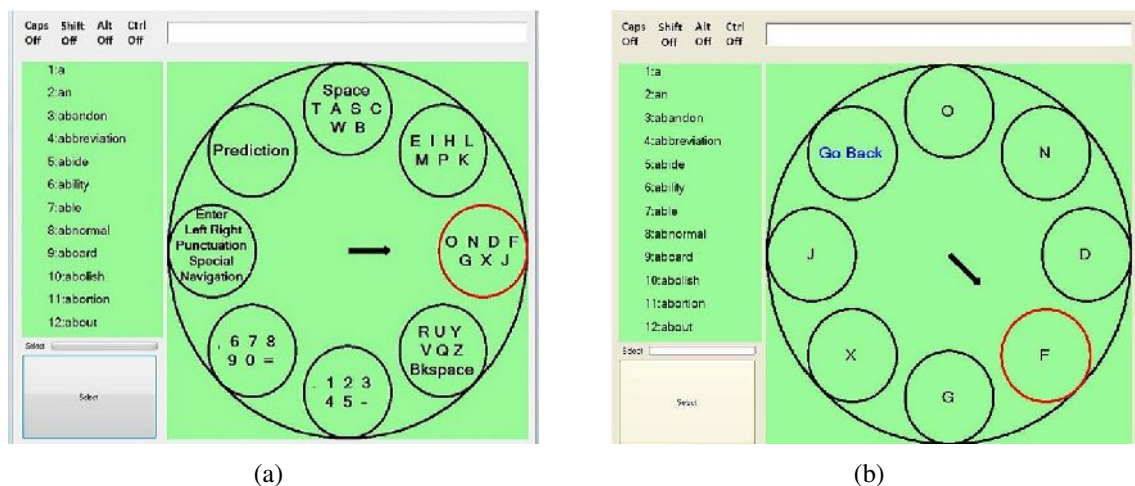
Figura 2.3 – Captura de tela do protótipo do teclado que apresenta as letras do alfabeto em ordem sequencial



Fonte: (ORHAN et al., 2012)

Prabhu e Prasad (2011) desenvolveram um teclado circular com um módulo de predição de palavras. Nesse teclado virtual, as letras são agrupadas em setores e quando um setor é selecionado, as respectivas letras são mostradas. A Figura 2.4 exemplifica a seleção da letra F, que está contida no setor que mantém as letras **O, N, D, F, G, X e J** agrupadas. Na medida em que o usuário insere as letras iniciais da palavra, o módulo de predição sugere uma lista de palavras relacionadas a sequência de letras inseridas. O usuário pode escolher uma dessas palavras para completar a sentença iniciada.

Figura 2.4 – Teclado circular com módulo de predição de palavras (a) Letras agrupadas em setores; (b) desdobramento do teclado após a seleção de um setor



(a)

(b)

Fonte: (PRABHU; PRASAD, 2011)



Doval, Carballo e Jeremias (2010) desenvolveram uma prancha de comunicação com um teclado virtual sem teclas funcionais. Esses pesquisadores agruparam as consoantes, as vogais, os números e as pontuações. Cada grupo de teclas específicas é apresentado em uma cor distinta. A Figura 2.5 mostra essa prancha.

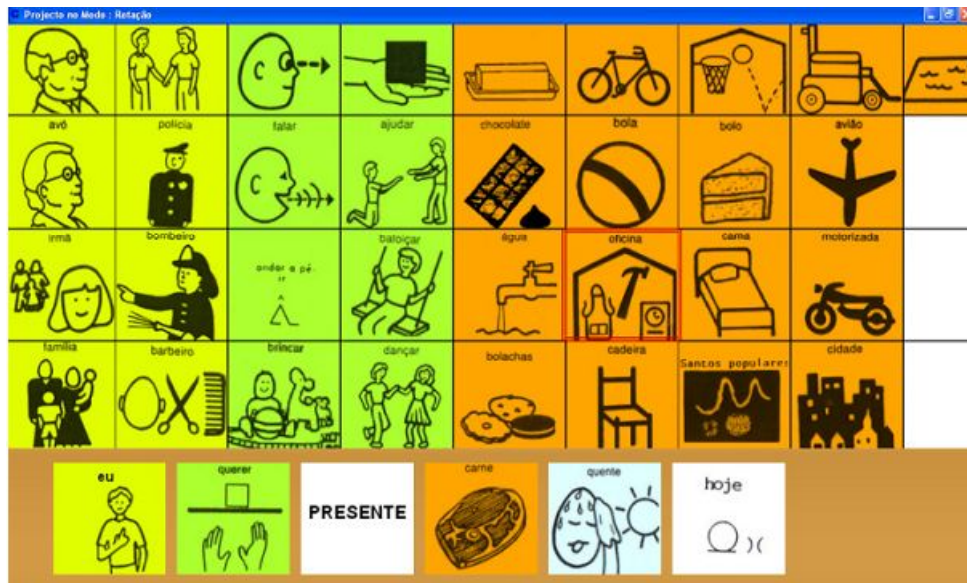
Figura 2.5 – Teclado virtual que diferencia consoantes, vogais, números e pontuações pela associação de cores para cada grupo

vocal	cons	may	numero	simbolo	control	fin
e	a	o	i	u	0	1
2	3	4	5	6	7	8
9	s	r	n	d	l	c
t	m	p	b	g	v	y
qu	h	f	z	j	x	w
ñ	k	_	-	.	,	?
!	+	*	/	=	@	.com
b_t	b_p	b_l				

Fonte: (DOVAL; CARBALLO; JEREMIAS, 2010)

Silva e Pereira (2011) representaram a linguagem natural utilizando o método de compactação semântica. Como mostrado na Figura 2.6, o sistema apresenta uma matriz de símbolos e a legenda com os seus significados. O usuário pode compor sentenças concatenando uma sequência de imagens que são disponibilizadas por essa matriz. Esse método é efetivo para a escrita de mensagens simples, porém o usuário não é capaz de redigir textos formais. Esse mecanismo de comunicação é chamado de prancha de comunicação, que será descrito nas próximas seções deste trabalho.

Figura 2.6 – Modelo de prancha de comunicação para a elaboração de mensagens informais



Fonte: (SILVA; PEREIRA, 2011)

A interface com o usuário deve auxiliá-lo durante a utilização do sistema de CAA, além de facilitar o seu aprendizado. Biswas e Samanta (2008) desenvolveram uma interface otimizada e amigável. Esses pesquisadores apresentaram sua solução com o nome de *Friend*.

O sistema proposto por Biswas e Samanta (2008) usa figuras, o alfabeto para construir mensagens e permite a personalização dinâmica da interface de acordo com a sua utilização. Apesar da interface robusta, o sistema é confuso devido ao número excessivo de informações em uma única tela.

### 2.3.2 Componentes Secundários

A interface com o usuário, os métodos de seleção e controle e o tipo de saída do ambiente de comunicação são partes dos componentes secundários. Esses componentes dependem da tecnologia utilizada no desenvolvimento do ambiente de comunicação. A forma de interação entre uma pessoa com deficiência e o computador é definida a partir do tipo de estímulo voluntário que o usuário pode realizar.

Existem vários métodos de interação relacionados a diversos tipos de estímulo. Por exemplo, se a pessoa com deficiência não conseguir falar claramente ele pode utilizar um sistema que realiza o reconhecimento da fala degradada. Entretanto, se o usuário possui algum movimento facial, esse paciente pode usar um *software* que reconhece expressões faciais. Se o paciente não consegue falar ou mover a face, esse usuário pode ser auxiliado por um sistema que transforma o movimento dos olhos em sinais interpretados pelo computador. Finalmente, a

técnica *Brain Computer Interface* (BCI) é utilizada para pessoas que estão totalmente limitadas.

Para pacientes que possuem a fala degradada, os sistemas de predição de palavras e processadores de voz são utilizados para melhorar a qualidade da fala. Hanson et al. (2010) apresentaram um protótipo de um dispositivo de comunicação que reconhece a fala degradada e processa a sentença correspondente usando um sintetizador de voz.

Ann e Theng (2011) desenvolveram um sistema para pessoas com paralisia cerebral. Nesse sistema, as mensagens só podem ser escolhidas a partir de um banco de dados predefinido. A interação com o usuário é mediada pelo reconhecimento de expressões faciais adquiridas por uma câmera simples ligada ao computador.

Se o paciente possui a SE clássica, a fala e o movimento dos músculos faciais são restritos (SORGER et al., 2009). Portanto, o movimento dos olhos deve ser utilizado como um estímulo para a interação com o computador. Esses movimentos são rastreados utilizando técnicas de processamento de imagens (PARK et al., 2012b) ou pela aquisição da atividade do movimento dos músculos oculares (KEEGAN; BURKE; CONDRON, 2009).

A técnica de BCI é recomendada para pessoas com SE completa. Os sistemas de BCI monitoram os sinais das atividades cerebrais e os codificam como sinais de controle para outros dispositivos (SCHALK et al., 2008). Para trabalhar esses sistemas é necessário realizar as seguintes tarefas: aquisição do sinal, extração de característica, codificação das características, configurar o dispositivo de saída e elaborar o protocolo de operação (MAK; WOLPAW, 2009).

No BCI, as atividades cerebrais são monitoradas por sinais eletrofisiológicos ou hemodinâmicos (SORGER et al., 2009). A natureza do sinal é o fator principal para a escolha da técnica de BCI mais apropriada. Essa escolha também depende dos fatores financeiros, do espaço físico, da mobilidade do dispositivo, do tempo de resposta, da precisão e da complexidade de instalação do equipamento (MAK; WOLPAW, 2009).

### 2.3.3 Componentes Terciários

Os principais fatores responsáveis pelo abandono do uso dos sistemas de CAA são o suporte e o treinamento inadequados, a dificuldade de manutenção e a falta de ajustes no *software* (KRASKOWSKY; FINLAYSON, 2001; JOHNSON et al., 2006). Os componentes terciários estão relacionados exatamente a essa parte crítica. Assim, são associadas aos componentes terciários a adequação do sistema de comunicação com o usuário.

Hill (2010) classificou os componentes terciários em três elementos: características periféricas e integradas, treinamento e suporte, e telereabilitação. As características periféricas e integradas são relacionadas com a facilidade de montar, posicionar e transportar um dispositivo de CAA. O treinamento e o suporte inclui personalizações no equipamento de CAA e na ma-

nutrição periódica. Finalmente, a telereabilitação consiste em prover serviços de reabilitação remota utilizando tecnologias de informação e comunicação.

Kubler et al. (2006) relataram que as características periféricas e integradas requerem um esforço na instalação, na calibração e na operação. Além disso, essas características necessitam de um alto custo de manutenção e suporte técnico. Esses custos podem desencorajar a continuidade do uso da tecnologia (BISWAS; SAMANTA, 2008).

O usuário deve estar consciente sobre qual sistema de CAA é mais adequado às suas necessidades. Além disso, um bom serviço de telereabilitação provê treinamento e suporte para esse tipo de sistema (HILL, 2010).

Simpson (2008) verificou que o processo de decisão para a aquisição de um produto de TA consiste em um ciclo interativo que compreende a coleta de informações a respeito de um produto, a tomada de decisão e a avaliação desse produto. Esse ciclo requer uma análise sobre as especificações do produto, sua adaptabilidade a ambientes domésticos e clínicos, a entrega, a instalação e a interação do usuário com o produto escolhido.

Além disso, esse processo de decisão inclui a coleta das informações relacionadas às alternativas disponíveis no mercado de acordo com o orçamento disponível. Embora Simpson (2008) tenha definido uma série de tarefas para realizar essa escolha, essas tarefas não especificam quais os tipos de interfaces de entrada de dados e como escolher uma entre as diversas opções.

Pinheiro et al. (2011) apresentaram uma revisão sobre sistemas de CAA que utilizam sinais biológicos como interface homem-computador. Os métodos apresentados são relacionados às limitações de cada paciente. Pinheiro et al. (2011) verificaram que existem poucas soluções comerciais que utilizam sinais biológicos. Além disso, esses pesquisadores destacaram as dificuldades em configurar todo o aparato utilizado nesse tipo de solução.

Além do processo de decisão Simpson (2008) destacou a baixa disponibilidade de suporte do fornecedor. De acordo com Hill (2010) e McCoy et al. (2013), os principais motivos para a descontinuidade da utilização das soluções de TA são a falta de suporte e treinamento, e a escassez de manutenção no sistema. Pinheiro et al. (2011) citaram que esse tipo de sistema deve ser simples com a finalidade de facilitar sua utilização, pois a complexidade de uso pode diminuir o interesse do paciente em relação ao *software*.

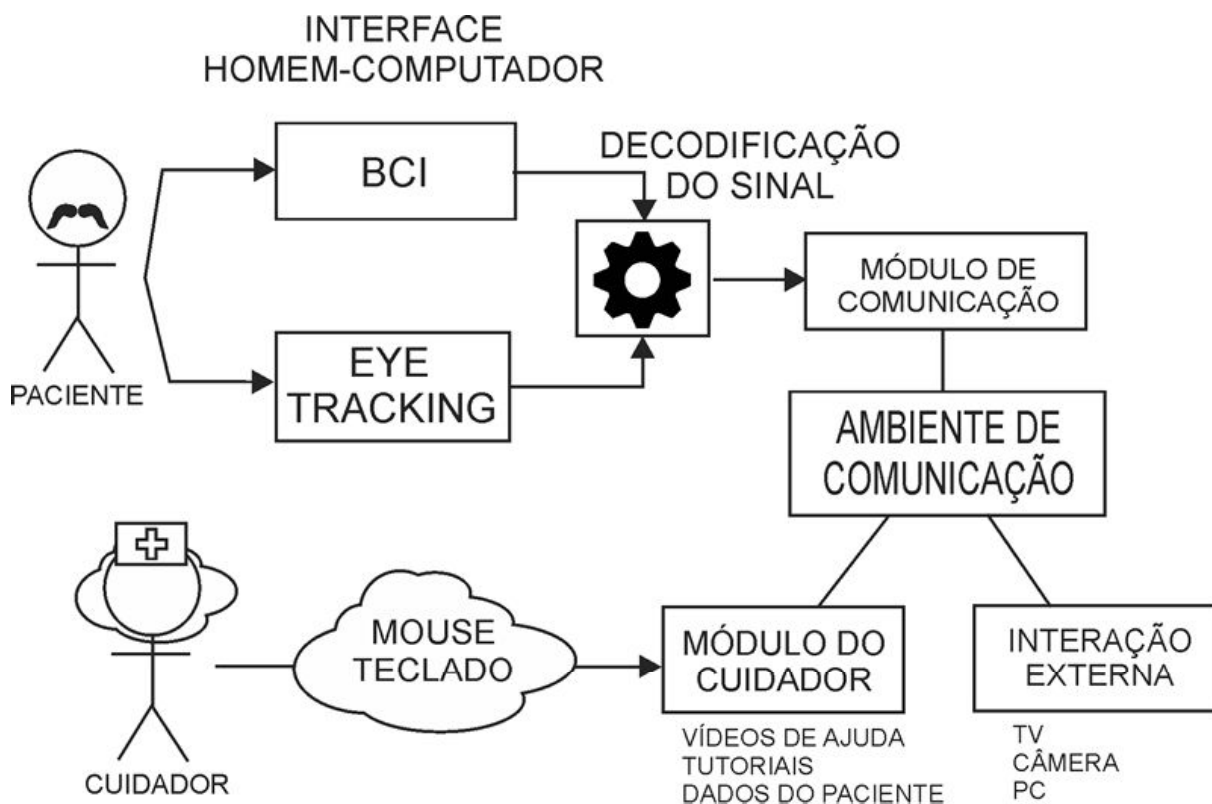
A seção 2.4 apresenta uma proposta de um ambiente para CAA desenvolvido a partir da análise dos trabalhos referenciados nesta seção. Foram analisadas as principais vantagens e desvantagens de cada trabalho para que a proposta seja economicamente e tecnologicamente viável.

## 2.4 Proposta de Ambiente para Comunicação Aumentativa e Alternativa

Cada trabalho relacionado nesta tese propôs uma ou várias contribuições para a área de CAA. Alguns trabalhos mostraram melhorias nos componentes primários, outras nos componentes secundários e poucos nos componentes terciários.

Pela análise das contribuições identificadas na literatura, foi concebido o modelo de um *software* de CAA adaptável, robusto e de baixo custo. Esse *software* possui quatro módulos: **entrada de dados, comunicação, ajuda ao cuidador e interação externa**. Cada um desses módulos são analisados de acordo com a definição dos componentes primários, secundários e terciários. A Figura 2.7 ilustra a interação do usuário com o sistema proposto e as suas principais funcionalidades.

Figura 2.7 – Interação do usuário com o ambiente de comunicação proposto



Fonte: Adaptado de Loja et al. (2015)

A seguir será explicado o funcionamento completo de cada um dos módulos listados. Porém o objetivo principal desta tese é desenvolver um ambiente de CAA com prioridade no módulo de comunicação.

Para melhorar a velocidade de comunicação do paciente, o *módulo de comunicação* é composto de ícones e palavras que representam as ações mais frequentes. Esse módulo deverá possuir um teclado virtual otimizado que interaja com o alfabeto e com as figuras.

O teclado virtual contém algoritmos de predição de texto para minimizar o número de interações entre o usuário e o teclado para escrever uma palavra. Esse teclado poderá apresentar mais de uma letra por tecla. Então, é minimizado o número de interações por tecla para escrever uma palavra.

A utilização de figuras no *módulo de comunicação* auxiliará o paciente a expressar as suas vontades sem a necessidade de escrever as sentenças completas (TSAI, 2013). Por exemplo, se o paciente deseja beber água ou tomar um banho, ele poderá escolher uma figura ou uma sequência de figuras que representam essas ações. Assim, o paciente será capaz de usar tanto figuras quanto palavras para se expressar.

O **módulo de entrada de dados** permite uma interface de comunicação entre o usuário e o computador. A Figura 2.7 apresenta as técnicas de BCI e do movimento dos olhos para serem utilizados como entrada de dados. Essa interface é de baixo custo e não invasiva.

O **módulo de auxílio ao cuidador** é utilizado para fornecer suporte aos cuidadores nos procedimentos essenciais para se comunicarem e auxiliarem os pacientes. Este módulo poderá gerenciar diferentes tipos de mídias, tendo disponível vídeos instrucionais de como ajudar os pacientes na suas necessidades diárias. Um exemplo de instrução pertinente a esse módulo é mostrar como posicionar um paciente na cama ou levá-lo ao banheiro. O manual de uso do sistema também é disponibilizado em forma de vídeo e de texto.

O **módulo de interação externa** possui interfaces de entrada e saída para a comunicação com outros *softwares*. O objetivo deste último módulo é disponibilizar uma maneira de interação com outros sistemas no ambiente de comunicação, como por exemplo, um *software* para controlar uma televisão.

Os trabalhos relacionados na revisão sistemática de Loja et al. (2015) pesquisaram as técnicas e os métodos que auxiliam em um dos processos de CAA de forma isolada. A organização dessa proposta para um ambiente de comunicação otimizado aplica a integração dos três componentes (primários, secundários e terciários) para que seja desenvolvida uma solução completa e escalável.

Esta tese contribuirá com a comunidade acadêmica fornecendo o modelo de uma PCA eletrônica e a proposta de um método de predição que minimiza o esforço para a composição de uma mensagem na PCA. A interação entre homem e computador ocorre a partir do uso de dispositivos acionadores.

## 2.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os conceitos e as diversas classificações de Tecnologia Assistiva e a sub-área Comunicação Aumentativa e Alternativa.

Foi mostrada uma crítica geral dos diversos trabalhos sobre CAA identificados na literatura. No final deste capítulo foi descrito a proposta de um sistema de CAA que otimiza o processo de comunicação entre uma pessoa com restrições de fala e as pessoas que fazem parte do seu ciclo social.

O próximo capítulo apresenta os métodos de interação Homem-Computador frequentemente utilizados por pessoas com graves restrições motoras.

# CAPÍTULO 3

## *MECANISMOS DE INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR*

### 3.1 Introdução

A interação Homem-Computador (IHC) é a área de conhecimento que estuda os mecanismos necessários para viabilizar a comunicação entre uma pessoa e um dispositivo computacional (RAUTARAY; AGRAWAL, 2015). Essa linha de pesquisa é responsável por desenvolver diversos dispositivos para entrada de dados, como por exemplo: o teclado, o mouse, a *webcam* e o microfone.

Os dispositivos IHC possuem modos específicos de interação com o usuário. Portanto, para cada dispositivo o usuário deve realizar um tipo específico de tarefa para que o componente IHC envie um sinal de entrada ao computador. Em seguida, esse sinal é decodificado e interpretado pelo computador como um comando computacional.

A natureza de cada tarefa realizada para interagir com um dispositivo computacional é chamada de sinal biológico. Por exemplo, o movimento voluntário de algum membro ou o piscar de olhos. Para cada tipo de sinal existem técnicas específicas para as operações de aquisição, de conversão Analógico/Digital (AD) e de processamento (OPPENHEIM et al., 1989).

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais de processamento de sinais biológicos. Além disso, são descritos e detalhados os tipos de tarefas voluntárias que as pessoas com restrições motoras severas estão aptas a realizar.

Os *softwares* desenvolvidos para as pessoas com graves restrições motoras utilizam sistemas de navegação diferente do convencional, que é baseado no uso do *mouse* e das ações de cliques. Assim, é mostrado nesse capítulo os modelos de navegação utilizados nas principais soluções computacionais e os dispositivos acionadores especiais.

Finalmente, são analisadas as questões de projeto que devem ser consideradas para o desenvolvimento de uma prancha de comunicação destinada a pessoas com SE.



## 3.2 Sinais Biológicos

O avanço tecnológico dos microprocessadores possibilitou a evolução de técnicas de Processamento Digital de Sinais (PDS). O PDS é a área de conhecimento que permite a representação de fenômenos físicos em forma de modelos computacionais discretos. Esses modelos utilizam sistemas digitais para realizar o processamento da informação adquirida do mundo real (OPPENHEIM et al., 1989).

Uma informação digital é utilizada em ações de aquisição, apresentação, armazenamento e processamento (GOMIDE, 2012). Em PDS a **aquisição** é o processo de codificação de uma informação de natureza contínua para um formato digital. Para realizar esse processo é necessário a disponibilidade de dispositivos apropriados. Por exemplo, uma onda sonora é adquirida em um microfone, enquanto para digitalizar uma foto é utilizado um *scanner*.

O processo inverso da aquisição é chamado de **apresentação**. O objetivo desse processo é a reconstrução e a apresentação do sinal usando um dispositivo de saída. Por exemplo, uma música armazenada no formato digital é apresentada utilizando um alto-falante.

Outra operação relacionada com a área de PDS é o **armazenamento**. Esse processo codifica a informação digital e a interação com um dispositivo físico em um componente de armazenamento persistente. Existem diversos tipos de mídia utilizados para este propósito, como por exemplo, cartão de memória, *pen drive*, disco rígido, entre outros.

Finalmente, o **processamento de uma informação digital** é representado pelo conjunto de operações computacionais realizadas para obter um objetivo específico. Por exemplo, considerando o contexto de modificação de imagens digitais. Os objetivos dessas modificações variam desde retoques na imagem, para o uso em mídias impressas a aplicações complexas de sensoriamento remoto, que exigem a extração de informações de imagens adquiridas por satélites (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2004 apud GOMIDE, 2012).

As operações fundamentais de PDS são realizadas independente da natureza do sinal. Este trabalho utiliza processamento de sinais biológicos, pois as técnicas de IHC propostas consideram principalmente a interação entre uma pessoa com restrições motoras e o computador. Assim, foram considerados apenas os sinais biológicos voluntários que poderiam ser realizados por pessoas com SE clássica. Os sinais estudados foram: o movimento dos olhos e as atividades cerebrais.

Para cada um dos sinais estudados existem diversos métodos que podem ser usados para realizar a interação entre o homem e o computador. A seção 3.3 apresenta as principais técnicas descritas na literatura para adquirir e processar os sinais das atividades cerebrais e dos movimentos oculares.

## 3.3 Sinais Biológicos para IHC

Os sinais biológicos são utilizados como parte de um conjunto de recursos que permite a interação entre o homem e o computador de forma alternativa. Esta seção apresenta os tipos de sinais biológicos que uma pessoa com graves restrições motoras consegue realizar de forma voluntária.

Pinheiro et al. (2011) relataram que os sinais biológicos mais usados para esse tipo de aplicação são os estímulos cerebrais e o movimento dos olhos. A subseção 3.3.1 descreve a técnica de *Brain Computer Interface* (BCI), que é utilizada por pessoas com síndrome do encarceramento completa. Finalmente, a subseção 3.3.2 apresenta as técnicas usadas por pessoas que possuem o controle voluntário do movimento dos olhos.

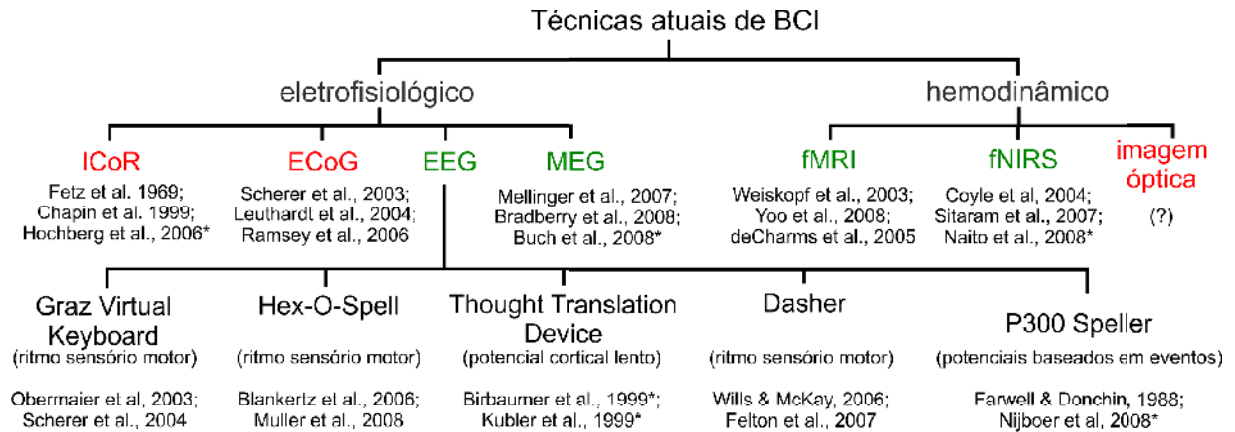
### 3.3.1 Atividades cerebrais

O sinal das atividades cerebrais é usado como uma alternativa para a comunicação, pois esse tipo de atividade é independente dos movimentos musculares (CABRERA et al., 2008). Existem dispositivos que realizam a codificação dos sinais cerebrais de um indivíduo em comandos utilizados para controlar um computador.

Existe uma grande variedade de sinais relacionados as atividades cerebrais que possuem um uso potencial em BCI e podem ser detectados por meio de sensores apropriados (VAUGHAN et al., 2003). Esses sinais possuem a resposta elétrica, magnética, metabólica, química, térmica e mecânica para a atividade cerebral.

Sorger et al. (2009) realizaram uma revisão literária que identificou as principais técnicas de BCI a partir das respostas eletrofisiológicas e hemodinâmicas. A Figura 3.1 apresenta um diagrama com a relação das técnicas disponíveis e quais são as pesquisas pioneiras que abordaram essas técnicas. As citações marcadas com um asterisco (\*) referem-se a estudos clínicos em pessoas com restrição motora. Os métodos invasivos e não invasivos estão marcados em vermelho e verde, respectivamente.

Figura 3.1 – Visão geral das técnicas de BCI classificadas de acordo com a natureza do sinal



Fonte: Adaptado de Sorger et al. (2009)

Devido a grande quantidade de tecnologias disponíveis é importante que o usuário escolha a mais adequada para o seu problema. O principal fator na seleção da técnica de BCI a ser utilizada é a natureza do sinal. Por exemplo, se o paciente conseguir movimentar parte do rosto sem dificuldades é provável que ele escolha a abordagem do movimento dos olhos. Ou se o paciente não possui nenhum movimento muscular voluntário ele estará restrito a escolher o BCI.

Outro aspecto importante na seleção da técnica mais apropriada está relacionado a performance de comunicação e ao tipo de técnica, se é invasivo ou não invasivo. A performance dos sistemas de BCI são aferidas pela precisão, pela velocidade em aplicações específicas e pela taxa de transferência da informação. Essa taxa é a quantidade de informação transmitida por unidade de tempo (JERRI, 1977).

As técnicas invasivas que utilizam sinais eletrofisiológicos possuem um menor tempo de resposta e uma qualidade superior em relação ao sinal e ao ruído. Porém, as operações de transporte, instalação e calibração dos dispositivos usados nessas técnicas exigem um suporte de especialistas. Esses fatores dificultam a utilização dessa tecnologia em ambientes domésticos. As técnicas não invasivas são menos precisas e possuem um maior tempo de resposta. Entretanto, essas técnicas são mais adaptáveis aos mais variados tipos de ambientes.

Finalmente, é importante analisar o custo do sistema e a curva de aprendizado durante a utilização. Um sistema ideal de BCI deve assegurar que o usuário alcance um nível de controle mínimo em poucas semanas de uso (VAUGHAN et al., 2003). Além disso, alguns critérios devem ser adotados para que a utilização dessa tecnologia seja robusta, portátil e de fácil uso em aplicações de CAA (VAUGHAN et al., 2003). Esses critérios são divididos em três fatores.

a) O sistema de aquisição do sinal deve ser de fácil instalação e calibração. O dispo-

tivo deve ser pequeno o bastante para ser portátil e com o preço acessível de acordo com a realidade dos usuários;

- b) Os ruídos e os artefatos de cada fonte de sinal devem ser eliminados ou reduzidos;
- c) A latência da resposta do sinal não deve interferir no processo de comunicação.

As técnicas de codificação de um sinal de BCI em um comando computacional são agrupadas em duas categorias distintas, **classificação** e **detecção**. A **classificação** analisa uma imagem mental e a partir dessa imagem é reconhecido um padrão. O método de **detecção** monitora um conjunto de regiões cerebrais a serem ativadas. Se a intensidade do sinal nessas regiões ultrapassar um limiar estabelecido é detectado que naquela região específica houve uma atividade.

Schalk et al. (2008) utilizaram técnicas de BCI para executar comandos computacionais a partir de mecanismos de detecção. A interface proposta por Schalk et al. (2008) usa um mecanismo de varredura que destaca cada opção na tela de maneira que um simples estímulo do usuário seleciona a opção destacada.

A maior limitação da utilização do BCI em aplicações domésticas é o processo de identificação dos sinais mais adaptados para a comunicação do paciente (SCHALK et al., 2008). Para evitar esse problema, Schalk et al. (2008) e colaboradores coletaram os estímulos dos usuários enquanto eles estavam em estado de repouso. A abordagem apresentada por esses pesquisadores detecta qualquer alteração que ocorre diferente do padrão obtido enquanto o paciente estava em repouso. Essas alterações são decodificadas como sinais de entrada e convertidas em comandos computacionais.

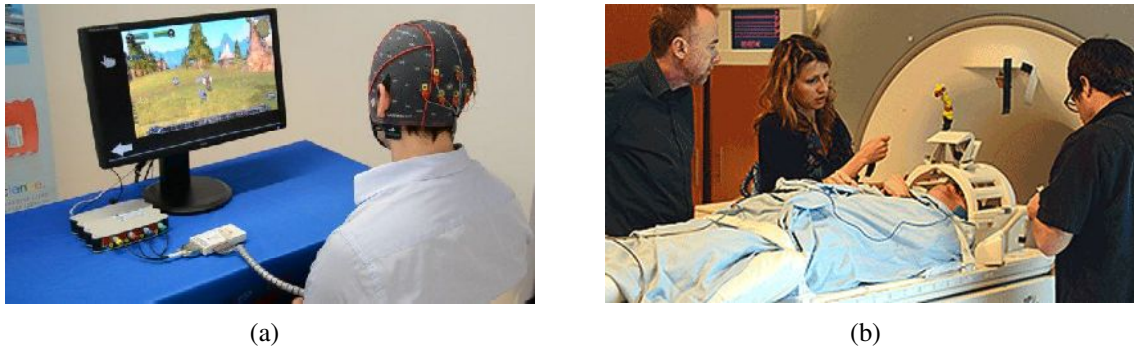
Trabalhar com a classificação de um sinal pode gerar mais de uma interpretação para um único sinal de entrada. Por exemplo, os sinais cerebrais podem ser codificados em diferentes imagens mentais. Essas imagens são classificadas pelo computador como um padrão e para cada padrão existe um comando computacional a ser executado (BERMUDEZ et al., 2010). Entretanto, existem situações em que os sinais adquiridos podem ser interpretados de maneira equivocada. Assim esses sinais são um falso positivo.

Sun, Hu e Wu (2010) diminuíram os falsos positivos utilizando apenas duas classificações possíveis para o sinal de entrada. Esses pesquisadores não relataram a precisão da sua abordagem. Porém, eles sugeriram melhorias na classificação de vários padrões para um único sinal de entrada. Por outro lado, Ming et al. (2009) aprimoraram o trabalho de Sun, Hu e Wu (2010) para permitir a interpretação do estímulo em mais classes específicas. A precisão da classificação dos testes realizados com o método otimizado foi de 80%.

Outra abordagem amplamente utilizada é a do eletroencefalograma (EEG), que é um dos dispositivos de BCI mais adaptáveis em relação a mobilidade e a instalação. A Figura 3.2

mostra a comparação entre dois tipos de dispositivos de BCI. As Figuras 3.2(a) e 3.2(b) ilustram um dispositivo que usa EEG e um dispositivo que utiliza a técnica de *Functional Magnetic Resonance Imaging* (fMRI), respectivamente.

Figura 3.2 – Dispositivos de BCI utilizados em ambiente de pesquisa. (a) EEG; (b) fMRI



Fonte: (QGITS, 2013; PRODUCTS, 2012)

Além disso, existem soluções comerciais de BCI que podem ser utilizadas em ambientes domésticos. Alguns exemplos são o *EPOC* e o *Insight* da empresa *Emotiv™* (EMOTIV, 2015; EKANAYAKE, 2011). Esses dispositivos são não invasivos, usam sensores de contato e técnicas de EEG para realizar a aquisição do sinal.

O *EPOC* (Figura 3.3(a)) é um dispositivo utilizado para a classificação de sinal. O *Insight* (Figura 3.3(b)) é um dispositivo com a finalidade de realizar a detecção da atividade cerebral. Da mesma forma, a empresa *NeuroSky™* disponibiliza o produto *MindWave Mobile EEG headset* (Figura 3.3(c)), com características similares ao *EPOC* (NEUROSKY, 2015).

Figura 3.3 – Produtos de BCI comercializados pela empresa *Emotiv™*. (a) *EPOC*; (b) *Insight*; (c) *MindWave Mobile EEG headset*



Fonte: (EMOTIV, 2015; NEUROSKY, 2015)

As soluções comerciais de BCI como o *Emotiv* são válidas para aplicações mais simples, como por exemplo, pranchas de comunicação e interface de controle de jogos (DUVINAGE

et al., 2013). Para aplicações clínicas que exigem maior qualidade dos sinais das atividades cerebrais, é necessário o uso de dispositivos mais robustos, com maior custo e complexidade de instalação e operação.

Como apresentado nesta seção, as soluções de BCI são válidas para pessoas que não possuem qualquer tipo de controle motor voluntário. A próxima subseção descreve as soluções que utilizam o movimento dos olhos para realizar a comunicação entre a pessoa com Síndrome do Encarceramento Clássica e o computador.

### 3.3.2 Movimento dos olhos

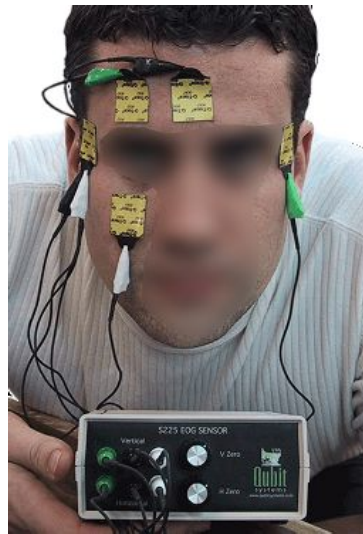
Os pacientes que possuem a SE incompleta ou a clássica possuem controle motor para realizar pequenos movimentos voluntários. Na maioria dos casos, esses movimentos correspondem a alguns músculos da face e, de forma mais refinada, o movimento dos olhos (BLACKMAN et al., 2008).

A aquisição dos sinais dos movimentos dos olhos pode ser realizada usando duas abordagens. A primeira corresponde ao eletrooculograma (EOG), que é o sinal obtido a partir de eletrodos de superfície ao redor dos olhos para aferir o potencial elétrico entre a retina e a córnea. (ISHIGURO et al., 2010). A segunda abordagem utiliza os sinais do movimento dos olhos adquiridos por meio de câmeras. Essas câmeras captam a direção do olhar e o piscar de olhos que são analisados usando técnicas de processamento de imagens (CHEN et al., 2014).

A escolha da abordagem a ser utilizada nos projetos que usam dispositivos de CAA depende de fatores financeiros, da complexidade na instalação e da precisão do sinal adquirido. O uso do EOG permite uma análise mais detalhada do movimento dos olhos. Entretanto, os processos de calibração e de configuração dessa técnica necessitam ser realizados por pessoas especializadas. Isso dificulta a utilização desse tipo de dispositivo em ambientes domiciliares.

A Figura 3.4 mostra um exemplo dos dispositivos físicos necessários para o funcionamento de um sistema computacional que usa o EOG. Pode-se verificar que é necessário a fixação de eletrodos de contato em regiões específicas da face. Os sinais adquiridos são transferidos para um conversor AD. Esse conversor decodifica o sinal digital e o envia para o computador.

Figura 3.4 – Exemplo do aparato físico necessário para o funcionamento de um sistema computacional baseado em EOG



Fonte: Adaptado de Foundation (2015)

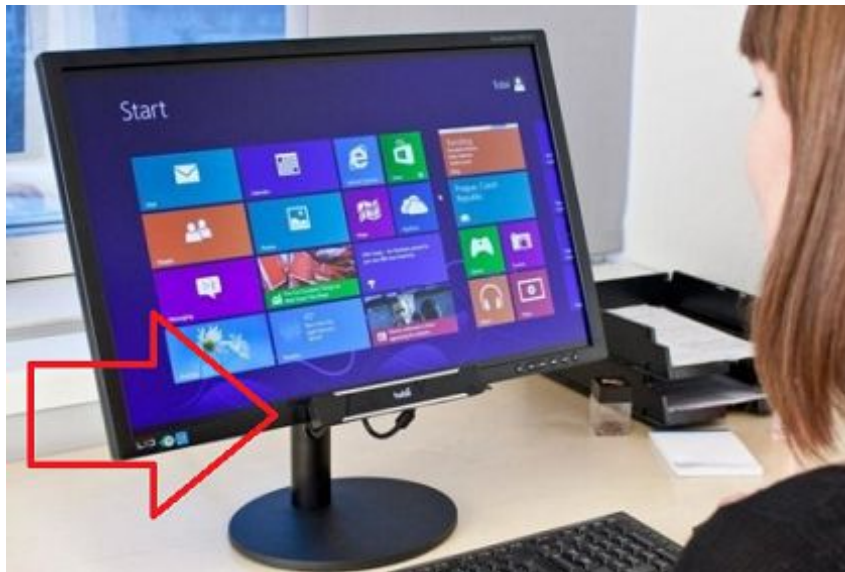
Além da dificuldade de instalação, a utilização de eletrodos de contato por um longo período de tempo pode causar desconforto ao usuário. Esse desconforto é intensificado principalmente para pessoas que precisam usar um sistema de CAA durante as suas atividades diárias (ARNIN et al., 2013). Outro ponto negativo dessa tecnologia é que o suor e a oleosidade da pele prejudicam a estabilidade dos eletrodos, necessitando que eles sejam reposicionados periodicamente (PETIAU; DUPIS, 1980).

O uso de câmeras na análise do movimento dos olhos pode substituir a utilização de eletrodos como mecanismo de comunicação em sistemas de CAA. A maior desvantagem dessa abordagem é que a robustez do mecanismo de IHC depende da qualidade da câmera e da iluminação do ambiente onde o sistema é usado.

As técnicas de rastreamento do movimento dos olhos por câmeras são utilizadas para extrair algumas características. Essas características são: a identificação da direção do olhar, o piscar de olhos e a mudança brusca na direção de um olhar fixo.

Existem dispositivos comerciais que permitem a identificação da direção do olhar com grande precisão, como por exemplo o *PCEye* da empresa *Civiam* (CIVIAM, 2015). O *PCEye* mostrado na Figura 3.5 é um dispositivo que possui o processamento independente do computador. Este dispositivo utiliza duas câmeras de alta resolução para identificar a direção do olho. Essa direção é usada para movimentar o ponteiro do *mouse* na tela do computador.

Figura 3.5 – Civiam PCEye



Fonte: Adaptado de: Civiam (2015)

Calvo et al. (2008) realizaram um estudo de caso para um dispositivo de entrada de dados utilizando o movimento dos olhos. Esses pesquisadores verificaram que pacientes com restrições motoras graves possuem grande interesse por sistemas que usam esse tipo de estímulo de entrada. Os usuários que participaram dessa pesquisa relataram que para atividades diárias esse tipo de sistema exige pouco esforço físico.

Uma vantagem desse sistema é que após a sua calibração, o usuário se torna independente e pode utilizar aplicativos computacionais sem o auxílio do cuidador. Entretanto, alguns pacientes apresentaram baixa motivação após a ocorrência de problemas técnicos relacionados ao dispositivo e ao processo de calibração.

Em outras pesquisas Jacob e Karn (2003), Divjak e Bischof (2009) verificaram que é cansativa a utilização de sistemas de rastreamento da direção do olhar. Pois, os músculos que coordenam a movimentação dos globos são suscetíveis à fadiga diante de um esforço mínimo. Assim, para um sistema de CAA que usa o movimento dos olhos por um longo período de tempo deve-se utilizar uma abordagem que tenha como estímulo de entrada o piscar de olhos. Para isso, a interface gráfica com o usuário deve disponibilizar mecanismos de navegação tais como métodos de varredura ou pela combinação de piscadas.

Apesar dos sinais biológicos usados nos mecanismos de IHC serem limitados aos sinais das atividades cerebrais e do movimento dos olhos, existem diversas opções apresentadas na literatura (LOJA et al., 2015) e disponíveis no âmbito comercial.

Não é necessário um mecanismo de IHC extremamente robusto para uma prancha de comunicação alternativa. A maior expectativa do usuário está relacionada ao baixo custo, fácil



instalação e manuseio do mecanismo de comunicação.

### 3.4 Dispositivos Acionadores

Os dispositivos acionadores são mecanismos físicos usados para emitir um sinal binário interpretado como ligado ou desligado. Em Tecnologia Assistiva, esse tipo de dispositivo é usado para auxiliar pessoas que possuem o controle motor prejudicado.

Existem diversos tipos de mecanismos que variam no formato e no modo de acionamento. Na Figura 3.6 são mostrados dispositivos acionados por pressão, pelo sopro e pela tração do polegar.

Figura 3.6 – Dispositivos acionadores. (a) Acionador por pressão. Pode-se utilizar as mãos, os pés, o cotovelo, a cabeça ou outra parte do corpo com movimento voluntário; (b) Acionador pelo sopro; (c) Acionador por uma pequena tração com o polegar



(a)



(b)



(c)

Fonte: (ACESSIBILIDADE, 2016)

Para o uso correto de um acionador é necessário que o usuário consiga realizar a ação que interage com o dispositivo de forma voluntária. Assim, o dispositivo acionador é ajustado para controlar algum aparato eletrônico. Esse aparato pode ser um computador pessoal ou até mesmo dispositivos ligados a um módulo de automação residencial. O dispositivo a ser controlado pelo acionador deve ser configurado para o propósito de uso.

O uso dos sinais biológicos provenientes das atividades cerebrais e do movimento dos olhos podem ser processados como uma forma de um mecanismo de acionamento. A próxima seção mostra os modelos de navegação em interfaces computacionais que são utilizados com o esquema de acionamento.

## 3.5 Mecanismos de Navegação

No capítulo 2 foi mostrado que as pessoas com SE necessitam de dispositivos que forneçam meios alternativos de comunicação, pois devido às suas limitações eles não podem se comunicar oralmente e nem gestualmente.

Foi apresentado na seção 3.2 que a pessoa com SE possui dois tipos de sinais biológicos que podem ser convertidos em comandos computacionais. Quando se trata de *softwares* adaptados para pessoas com graves restrições motoras, o mecanismo de navegação é diferente do modelo tradicional que utiliza ações de teclado e *mouse*.

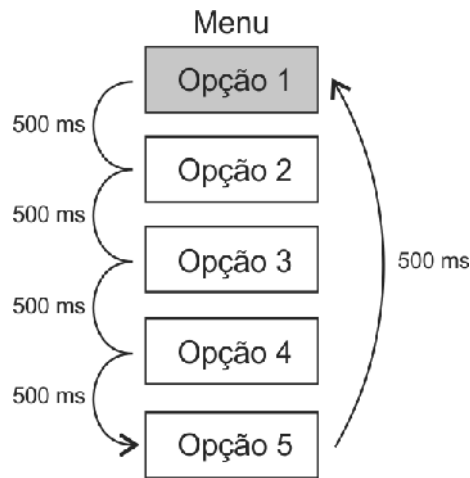
Usualmente são usados como mecanismos de navegação em interface gráfica com o usuário a técnica de varredura ou de seleção direta. Como exemplo de entrada de dados foi utilizado o piscar dos olhos para descrever esses dois mecanismos de navegação. Porém pode ser usado qualquer tipo de entrada de dados que tenha uma característica binária com os estados ativo e inativo.

### 3.5.1 Varredura

A técnica de varredura exige pouca experiência do usuário e a entrada de dados é baseada em um mecanismo binário. Nessa técnica as opções disponibilizadas são destacadas por um curto intervalo de tempo. Durante esse intervalo o usuário pode emitir um estímulo para selecionar o item destacado. Assim, se o usuário desejar acessar uma determinada opção, ele deve aguardar até que a opção seja destacada e emita um estímulo que acione o mecanismo de seleção.

No exemplo da Figura 3.7 é mostrado um menu com cinco opções. Cada opção fica em destaque por 500 ms. Caso o usuário queira acessar a terceira opção, ele deve aguardar a opção 3 ficar em destaque e assim emitir um sinal voluntário, como por exemplo, uma piscada de olho.

Figura 3.7 – Esquema do funcionamento do modelo de varredura com o intervalo de tempo de 500 ms para cada opção



Fonte: (GOMIDE et al., 2015b)

Os projetistas que forem desenvolver uma solução que utiliza esse modelo de navegação devem deixar a configuração do tempo em destaque disponível para o usuário. Pois, o usuário vai memorizando os elementos gráficos de uma interface conforme o uso do *software*. Assim, o usuário associa as opções pela simbologia gráfica dos elementos da interface ao invés de ler o rótulo das opções, necessitando de menos tempo de destaque para cada opção.

No trabalho de Grauman et al. (2001), os autores propuseram um método de IHC que utiliza o piscar de olhos e a navegação na interface por varredura. Eles elaboraram um algoritmo que distingue quando uma piscada é voluntária ou involuntária, evitando o acionamento acidental de determinadas opções.

Westeyn e Starner (2004) verificaram que a duração da piscada dos olhos é uma atividade de fácil assimilação para pessoas com SE e não exige treinamento. Além disso, a pesquisa realizada por Chapman (1991) mostrou em um sistema de TA que a porcentagem de acerto na classificação das piscadas voluntárias ou involuntárias era de 93%.

### 3.5.2 Seleção direta

O modelo de seleção direta relaciona um padrão de sinal para cada opção da tela. Nesse modelo, o usuário precisa ter um controle mais apurado dos tipos de sinais que ele consegue emitir. Por exemplo, quando é utilizado o BCI com o modelo de seleção direta, o *software* deve ser calibrado para que cada imagem mental que o usuário consegue emitir seja associada a uma opção diferente.

Grauman et al. (2001) relataram que a simplificação da entrada de dados evita a ocor-

rência de falso positivo. Esse falso positivo ocorre quando um usuário quer acessar uma opção mas emite um sinal que é associado a outra opção. Para isso foi sugerido a utilização do piscar de olhos como mecanismo de entrada de dados.

A associação das opções foram configuradas de acordo com uma sequência de piscadas. Esse modelo é similar ao do código de Morse, que utiliza a codificação de Huffman (KNUTH, 1985).

A piscada dos olhos é classificada conforme a sua duração como **curta** ou **longa**. A codificação de Huffman foi usada para organizar os comandos de acordo com uma sequência de piscadas. Essa codificação utiliza uma combinação binária de no máximo **n** elementos para obter uma representação.

Uma das características da codificação de Huffman relacionada com o número de representações é o tamanho da palavra. Quanto maior é a palavra, maior é a quantidade de elementos que podem ser representados. Outra característica é a quantidade de símbolos que podem ser utilizados para cada elemento da palavra.

O cálculo do número máximo de elementos representados de acordo com a quantidade de símbolos e com o tamanho da palavra é mostrado na Equação (3.1).

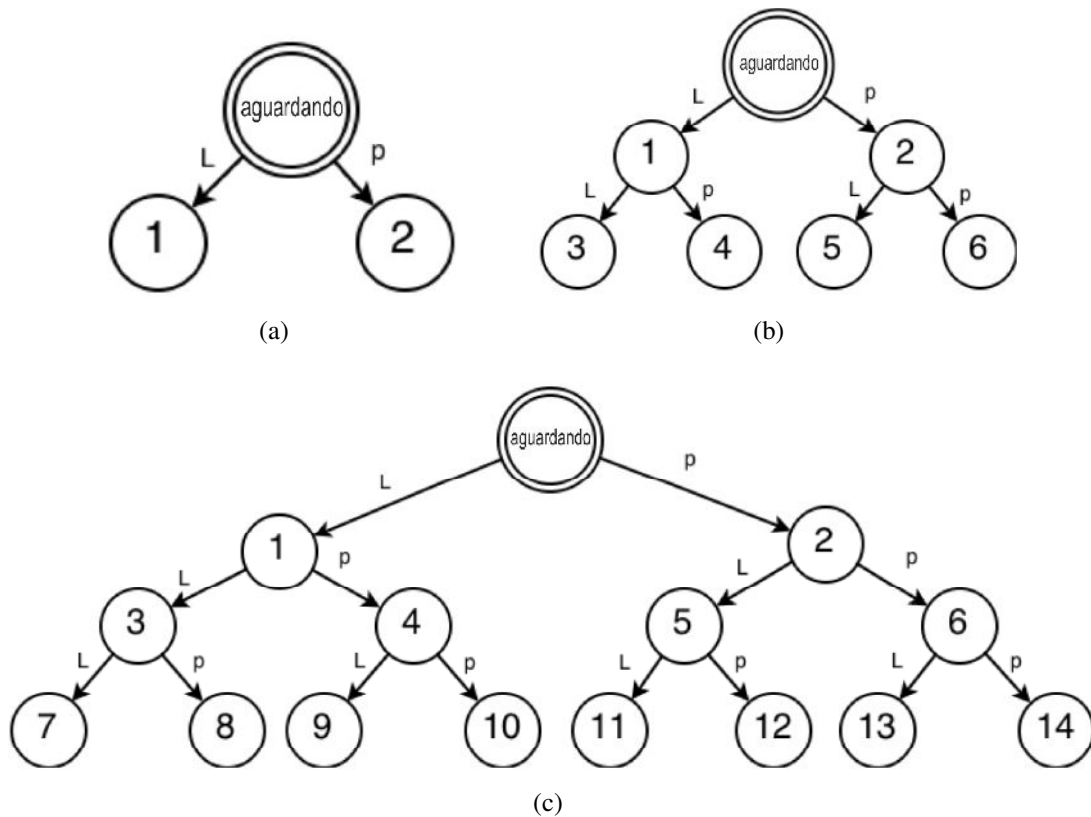
$$R = \sum_{i=1}^n M^i \quad (3.1)$$

em que:  $R$  é o número de representações,  $n$  é o tamanho máximo da palavra e  $M$  é o número de símbolos utilizados.

Uma piscada com a duração menor do que 200 ms é definida como involuntária (KRO-LAK; STRUMILLO, 2008). Nesta pesquisa foi considerada a duração entre 200 e 500 ms como piscada curta e entre 500 e 1.000 ms como piscada longa. Se a duração da piscada ultrapassar 1.000 ms ou o usuário ficar inativo por 500 ms, é disparado um evento que confirma a sequência de piscadas realizadas pelo usuário. Os símbolos **p** e **L** são utilizados para representar uma piscada curta e longa, respectivamente.

Para facilitar a compreensão, é mostrado em forma de uma árvore o modelo de seleção direta. A Figura 3.8 ilustra as possíveis opções de árvores conforme o tamanho da palavra.

Figura 3.8 – Opções que podem ser acessadas conforme o tamanho da palavra. (a) possíveis opções para as palavras de tamanho 1, (b) opções para as palavras de tamanho 2 e (c) possíveis opções para as palavras de tamanho 3

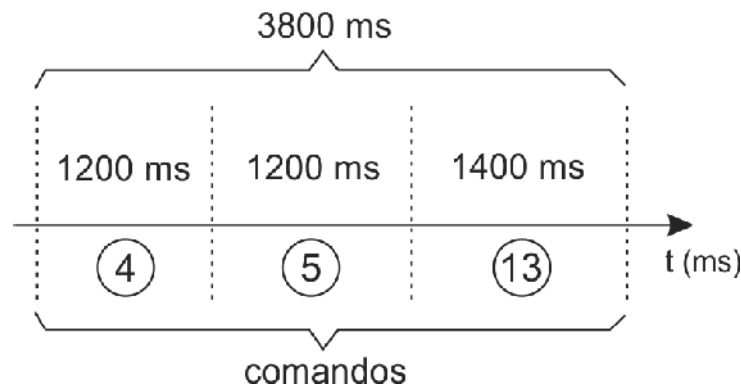


Fonte: (GOMIDE et al., 2015b)

Pode-se observar na Figura 3.8 que a possibilidade de opções aumenta exponencialmente de acordo com o tamanho da palavra. Além disso, quanto maior é o número de caracteres da palavra, mais tempo é necessário para acionar um comando. Assim, para executar o comando de número 8 da Figura 3.8(c) é necessário realizar duas piscadas longas e uma curta mais o tempo de inatividade. Portanto, o tempo total para o acionamento desse comando é de no mínimo 1.700 ms.

A Figura 3.9 mostra o tempo de execução dos comandos 4, 5 e 13 da Figura 3.8(c). O tempo total para a execução dessa sequência de comandos é de no mínimo 3.800 ms.

Figura 3.9 – Tempo de execução dos comandos 4, 5 e 13 da Figura 3.8(c)



Fonte: (GOMIDE et al., 2015b)

Se for adotado uma sequência de comandos para a associação das opções de navegação, o tamanho da palavra deve ser levado em consideração. Quanto maior é o tamanho da palavra, mais opções podem ser acessadas diretamente, porém a complexidade na entrada de dados aumenta.

### 3.6 Questões de Projeto

Em um projeto de CAA alguns fatores devem ser considerados para a escolha do mecanismo de IHC. O primeiro fator consiste nas restrições motoras que o usuário final possui. Conforme discutido na seção 2.3, o grau de SE no qual uma pessoa está classificada condiz com as suas limitações motoras. Uma pessoa que está nas condições de SE incompleta pode utilizar um dispositivo de acionamento para interagir com uma solução de CAA.

Loja et al. (2015) verificaram que para as pessoas com a SE clássica a utilização de câmeras convencionais é a solução mais acessível para os mecanismos de IHC que usam o movimento dos olhos. Essa situação ocorre porque a maioria dos computadores pessoais possuem câmeras integradas que podem ser aplicadas em soluções de CAA. Além disso, essa abordagem não requer contato físico entre o usuário e o dispositivo eletrônico. Assim, essa solução é não invasiva, de fácil instalação e transporte.

Alguns pacientes não possuem o controle motor dos olhos ou dos músculos faciais. Para esses pacientes, o único método que os possibilita usar um sistema computacional de CAA é o BCI. Entretanto, esse tipo de solução demanda a aquisição de um dispositivo específico, suporte na instalação e calibração. Esses fatores tornam a solução de BCI mais cara do que o método que utiliza câmeras.

## 3.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os tipos de mecanismos de interação Homem-Computador que podem ser aplicados a pessoas com Síndrome do Encarceramento. Os sinais biológicos que são analisados para esse tipo de solução são provenientes das atividades cerebrais ou do movimento dos olhos. Portanto, cada abordagem de IHC depende do sinal biológico a ser adquirido.

O tipo de mecanismo de IHC usado em um projeto de CAA depende da liberdade motora do usuário do sistema. Além disso, deve ser considerado os fatores técnicos e financeiros, como por exemplo, instalação, suporte, manutenção, curva de aprendizado e o custo do dispositivo.

O próximo capítulo apresenta as características de uma prancha de comunicação e como esse tipo de solução pode influenciar nas atividades diárias de uma pessoa com SE.

# CAPÍTULO 4

## *PRANCHA DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA*

### 4.1 Introdução

As pranchas de comunicação são mecanismos de CAA utilizados para auxiliar a comunicação de uma pessoa com restrições de fala. Em vários casos são usadas técnicas artesanais como figuras e colagens em cartazes para a confecção dessas pranchas. O avanço da tecnologia, a modernização dos dispositivos computacionais e os estudos na área de Tecnologias Assistivas permitiram o desenvolvimento de pranchas de comunicação digitais.

Esse tipo de prancha possui diversas funcionalidades adicionais. Entre essas novas características estão a elaboração de um repositório de pranchas, a eficiência na montagem de novas pranchas e a integração com os mecanismos de IHC.

Este capítulo apresenta as principais características básicas das pranchas de comunicação físicas e eletrônicas. Além disso, são descritos os recursos tecnológicos aplicados a esses tipos de solução de CAA. Finalmente, são apresentados os direcionamentos das novas pesquisas que devem inovar as pranchas de comunicação.

### 4.2 Características das Pranchas de Comunicação

Uma das formas alternativas de auxiliar a comunicação das pessoas com SE é a utilização de ferramentas físicas como as pranchas de comunicação. As Pranchas de Comunicação Alternativa (PCA) são compostas por um quadro com diversos símbolos. Esses símbolos são utilizados como mecanismo linguístico para a comunicação (COMUNICAÇÃO, 2009). A comunicação entre o emissor e o receptor é realizada pela interação entre os símbolos apresentados na PCA. Para realizar esse tipo de comunicação é necessário que tanto a pessoa com deficiência quanto o receptor da mensagem possuam um entrosamento.

Schlosser e Sigafos (2006) afirmaram que a simbologia mais utilizada para a cons-



trução das PCAs é o uso do sistema de Pictogramas Ideogramas para a Comunicação (PIC). Esse tipo de simbologia facilita a composição e a generalização das mensagens emitidas pelo paciente. A Figura 4.1 apresenta o exemplo de uma PCA física que usa pictogramas.

Figura 4.1 – Prancha de comunicação alternativa física



Fonte: (VIEIRA, 2016)

Os pictogramas agrupam palavras, sentenças e símbolos de acordo com uma lógica de classes gramaticais. Os grupos gramaticais são definidos de acordo com a chave de Fitzgerald, e para cada grupo é associada uma cor distinta. Esse tipo de divisão é agrupada em seis categorias distintas: pessoas, verbos, substantivos, qualificadores (adjetivos e advérbios), elementos sociais e caracteres (letras e números) (FROST; BONDY, 2002). A Figura 4.2 ilustra a organização dos grupos de pictogramas de acordo com a cor e a função gramatical.

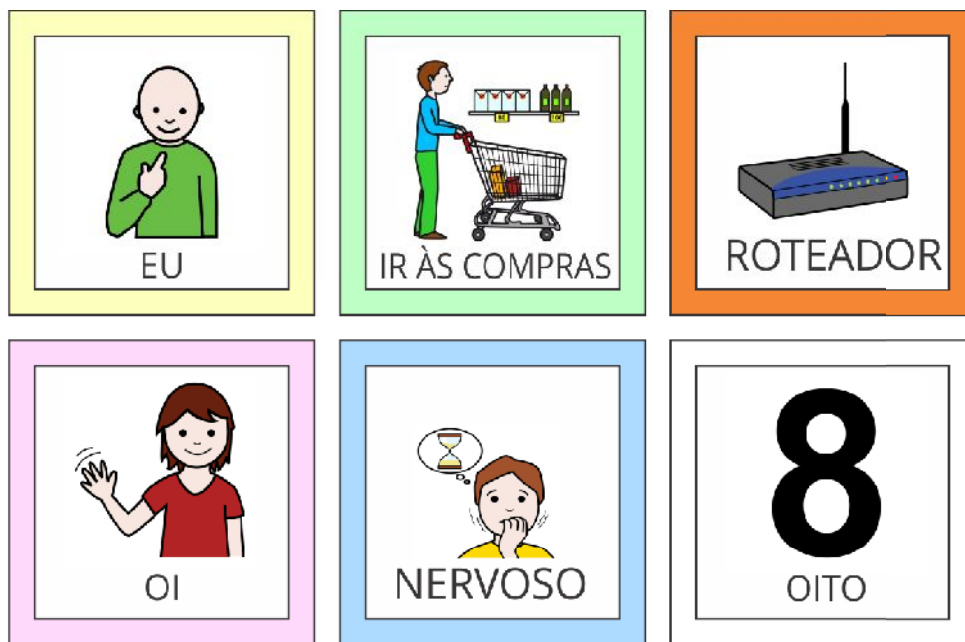
Figura 4.2 – Associação das cores com os grupos gramaticais definidos na chave de Fitzgerald

Pessoas	Verbos	Substantivos	Qualificadores (adjetivos e advérbios)	Elementos sociais	Letras e números
↓	↓	↓	↓	↓	↓
amarelo	verde	laranja	azul	rosa	branco

Fonte: (REILY, 2004)

O objetivo principal das chaves de Fitzgerald é promover a associação das cores aos grupos de palavras de forma mais generalizada para facilitar a comunicação e a compreensão visual dos símbolos. Portanto, essa divisão de grupos não usa todas as classes gramaticais do idioma utilizado na construção da PCA. A Figura 4.3 mostra um exemplo de um pictograma para cada tipo de agrupamento previsto nas chaves de Fitzgerald.

Figura 4.3 – Exemplo de um pictograma para cada tipo de agrupamento



Fonte: Elaborada pelo autor

O objetivo do sistema PIC não é de construir mensagens e textos formais. Por isso, os termos apresentados pelos pictogramas são simples e objetivos, como ilustrado na Figura 4.3. Assim, utiliza-se esse sistema para a construção de frases simples com a finalidade de estabelecer uma comunicação rápida com outras pessoas.

Por exemplo, a Figura 4.4 mostra uma frase que utiliza três pictogramas que indicam respectivamente ação, substantivo e qualificador. Apesar dessa sentença ser curta, ela pode ser interpretada pelo receptor da mensagem como “quero beber um refrigerante gelado”.

Figura 4.4 – Exemplo de uma frase utilizando o sistema PIC



Fonte: Elaborada pelo autor

Existem diversos repositórios de pictogramas disponíveis gratuitamente para *download*. Neste trabalho foi utilizado o repositório que contém 13.014 pictogramas traduzidos para a lín-

gua portuguesa que está hospedado no Portal Aragonês de Comunicação Alternativa e Ampliada (ARASAAC, 2016).

Como o espaço físico de uma PCA é limitado a um determinado número de pictogramas, o usuário pode utilizar mais de uma PCA para se comunicar. Portanto, a seleção do tipo de prancha temática é realizada de acordo com o contexto relativo as necessidades de comunicação do usuário.

Reily (2004) exemplificou alguns tipos de pranchas que são usadas em diferentes contextos. Por exemplo, é comum usar uma prancha de rotinas e horários para que as pessoas que fazem parte do ambiente social do usuário estejam cientes de sua sequência de atividades diárias. Outro tipo de prancha pode ser utilizada para mostrar as opções de atividades de entretenimento que o paciente pode realizar, como “ouvir uma música”, “ver um filme” ou “ler um livro”.

Outro ponto importante para a elaboração de PCAs personalizadas é o contexto do ambiente físico no qual a pessoa com SE se encontra. Esse contexto precisa ser considerado para o desenvolvimento de outros temas. Assim, a construção de pranchas com pictogramas utilizados em um ambiente clínico deve ser diferente de um ambiente domiciliar.

O desenvolvimento dessas pranchas normalmente é realizado de forma simples e é estruturado como uma pasta com várias páginas. Cada página corresponde a um tema da prancha. A Figura 4.5 mostra o exemplo de uma PCA com o tema **casa** destinada a uma criança com dificuldades de fala e restrição motora leve.

Figura 4.5 – Exemplo de prancha de comunicação temática



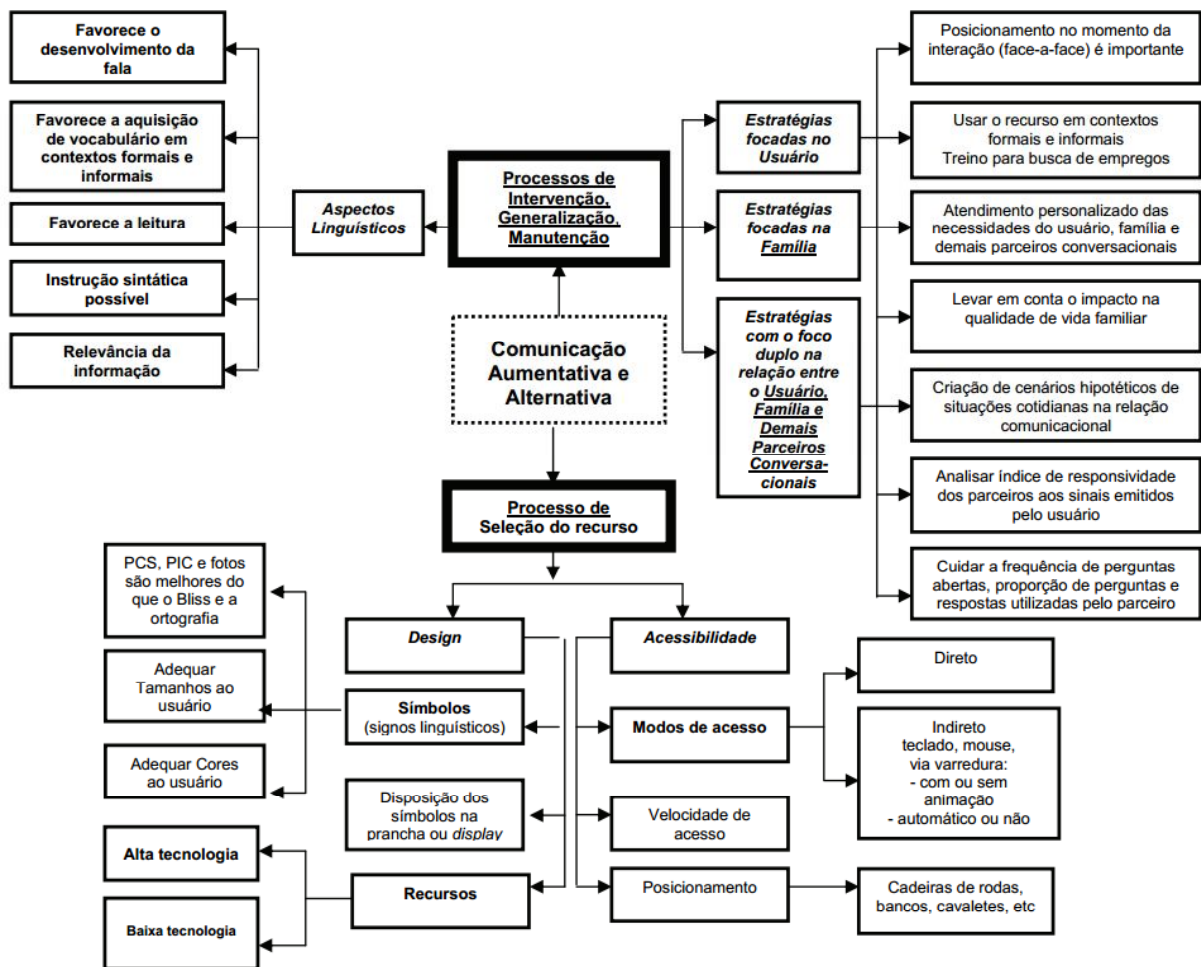
Além do agrupamento das PCAs por temas, os dispositivos de CAA são catalogados de acordo com o grau de utilização dos recursos tecnológicos (VISVADER, 2016). Neste trabalho, as pranchas são classificadas como PCA de baixa ou alta tecnologia. As PCAs de baixa tecnologia são pranchas físicas elaboradas em papel. As pranchas de alta tecnologia são PCA implementadas de forma digital e utilizam dispositivos tecnológicos como computadores e *tablets*.

Apesar da diferença entre essas duas abordagens ainda não está bem definido qual é o método mais indicado para construir uma prancha de comunicação. Segundo Mathy, Yorkston e Gutmann (2000), foi verificado que os pacientes preferiam o uso de PCA de alta tecnologia para definirem suas necessidades de forma mais detalhada e para a escrita de textos formais. Entretanto, as pranchas de baixa tecnologia foram mais adequadas para uma conversa rápida entre o emissor e o receptor.

Ainda que a utilização ou não das tecnologias mais recentes não esteja bem definida, o processo de elaboração das pranchas tem evoluído. Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010) estruturaram os princípios que devem ser analisados para a implementação dos recursos de CAA. O início dessa estrutura é definido por dois princípios: o **processo de intervenção, generalização e manutenção** e o **processo de seleção do recurso**.

A Figura 4.6 mostra a hierarquia para a implementação dos recursos da área de CAA proposta por Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010).

Figura 4.6 – Hierarquização para a implementação dos recursos da área de CAA



Fonte: (CESA; RAMOS-SOUZA; KESSLER, 2010)

O trabalho de Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010) enfatiza uma abordagem mais técnica para o desenvolvimento de uma PCA de alta tecnologia, que é classificada no ramo de **processo de seleção do recurso**. As estratégias para definir o **processo de intervenção, generalização e manutenção** adequado depende de uma análise individual. Essa análise deve ser realizada por um profissional da área da saúde. Além disso, é importante que os familiares do usuário em conjunto com o paciente contribuam para a análise final.

Entretanto, para uma PCA ideal, a escolha da estratégia de intervenção não deve ser restrita pelos recursos tecnológicos disponíveis em uma PCA. As PCAs devem ser desenvolvidas para satisfazer as necessidades das pessoas que participam do convívio social do paciente.

### 4.2.1 Prancha de Comunicação Alternativa de Baixa Tecnologia

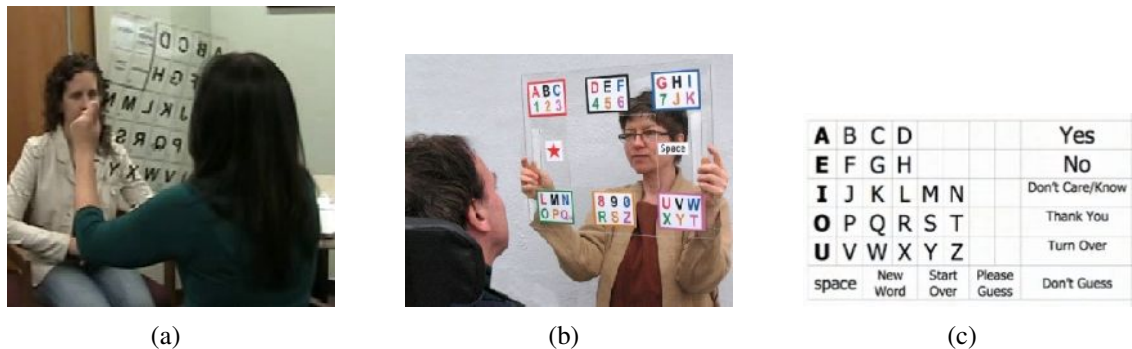
As PCAs de baixa tecnologia necessitam de algum tipo de assistência externa para a configuração dos símbolos. Esse tipo de intervenção consiste na própria ação humana para manipular e fixar os cartões pictográficos nas pranchas confeccionadas. Esse processo é essencial, pois esse tipo de prancha não possui o auxílio de mecanismos eletrônicos para as ações de entrada e saída de dados (VISVADER, 2016).

A vantagem de utilizar um sistema de baixa tecnologia está na facilidade de transporte, na baixa curva de aprendizado, no baixo custo de aquisição da tecnologia e na ausência de demanda de suporte técnico e de manutenção. Apesar disso, esse tipo de solução exige que a mensagem seja elaborada com o auxílio de um interlocutor. Geralmente, esse interlocutor é uma pessoa do grupo familiar ou um cuidador. Assim, o esforço necessário para compor uma mensagem depende do nível de interação entre o emissor e o receptor.

Atualmente existem diversas pranchas de comunicação de baixa tecnologia. Entre essas pranchas estão as soluções o *EyeLink* (SOLUTIONS, 2016), o *E-tran* (PALS, 2016a) e o *Partner-Assisted Scanning* (PAS) (PALS, 2016b). O estudo de Roman et al. (2010) realizou um *benchmark* entre essas três pranchas. Todas essas soluções utilizam o movimento dos olhos como forma de interação com o interlocutor.

A representação da linguagem dessas PCAs utiliza a ortografia em conjunto com letras e símbolos para indicar algumas das ações rotineiras. As PCAs analisadas no estudo de Roman et al. (2010) são apresentadas na Figura 4.7.

A Figura 4.7(a) mostra o *EyeLink*, nesse método o receptor compõe a mensagem de acordo com o direcionamento do olhar do emissor. O *E-tran* mostrado na Figura 4.7(b) utiliza o conceito de teclado ambíguo (GOMIDE et al., 2015a). Essa abordagem disponibiliza os blocos de caracteres mais distantes uns dos outros. Finalmente, a Figura 4.7(c) ilustra o esquema de organização do PAS. Esse esquema utiliza o alfabeto completo e algumas ações preestabelecidas.

Figura 4.7 – PCAs de baixa tecnologia. (a) *EyeLink*; (b) *E-tran*; (c) PCA

Fonte: (SOLUTIONS, 2016; PALS, 2016a; PALS, 2016b)

Roman et al. (2010) compararam a performance dessas soluções. Os principais objetivos desse trabalho foi identificar qual o método mais eficiente e qual desses métodos possui a menor curva de aprendizado. Assim, esses pesquisadores tentaram responder qual é o método mais rápido e fácil de ser utilizado em uma fase inicial e após sessões de treinamento. Além disso, (ROMAN et al., 2010) tentaram definir qual é o tempo necessário para o treinamento de cada um dos três métodos.

Roman et al. (2010) concluíram que o EyeLink é o método menos conhecido entre os participantes da pesquisa, porém ele foi o método que obteve maior performance nos testes realizados com as pessoas com SE. Entretanto, Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010) verificaram que para pessoas de qualquer faixa etária os símbolos linguísticos que usam o sistema PIC são mais adequados que os sistemas que utilizam apenas a representação ortográfica.

Além disso, Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010) estimulam o uso de PCA de baixa tecnologia em países que possuem limitações socioeconômicas que dificultam o acesso à alta tecnologia assistiva. Além disso, uma PCA de baixa tecnologia é um instrumento efetivo para as pessoas que necessitam estabelecer um diálogo informal com os seus interlocutores.

#### 4.2.2 Prancha de comunicação alternativa de alta tecnologia

A principal característica dos dispositivos de alta tecnologia é a utilização de funcionalidades que dependem de mecanismos eletrônicos. Esses mecanismos variam de controladores por voz, dispositivos sintetizadores de fala, entrada de dados por câmeras e BCI. Além de facilitar a comunicação, essas tecnologias são usadas para permitir a acessibilidade de pessoas com restrições motoras a computadores pessoais (VISVADER, 2016).

Apesar de possibilitar a comunicação entre o paciente e o computador, os dispositivos de alta tecnologia possuem custo elevado para a aquisição e manutenção. Além disso, nem todos

os dispositivos são facilmente adaptados as necessidades individuais do usuário.

De modo geral, as PCAs de alta tecnologia são dispositivos que possuem o *software* embarcado com o hardware. A Figura 4.8 mostra três PCAs de alta tecnologia que possuem funcionalidades similares. Essas pranchas digitais possibilitam a personalização dos símbolos pictográficos e permitem a sintetização da fala como mecanismo de saída.

Figura 4.8 – PCAs de alta tecnologia. (a) *DynaVox Maestro*; (b) *Prentke Romich Accent*; (c) *Saltillo Nova-Chat*



Fonte: (DYNAVOX, 2016; PRC, 2016; SALTILLO, 2016)

A estrutura física das pranchas de alta tecnologia é a presença de telas computadorizadas para a apresentação do conteúdo. Isso possibilita uma atualização dinâmica do conteúdo mostrado. Visvader (2016) afirmou que a evolução dos dispositivos móveis e dos computadores portáteis possibilitaram o crescimento das pesquisas de desenvolvimento de *software* e mecanismos de IHC relacionados às PCAs.

Além do aspecto visual e da organização do *layout*, os *softwares* de PCA devem fornecer mecanismos que diminuem o esforço no processo de comunicação. Semelhante a análise de teclados virtuais, as pranchas digitais disponibilizam métricas para aferir o esforço de comunicação (GOMIDE et al., 2015a). Existem duas métricas bem definidas para realizar essa aferição, que são a média do número de pictogramas selecionados por minuto e o número de interações médio para a seleção de um pictograma. Essas métricas são detalhadas no Capítulo 7.

Cesa, Ramos-Souza e Kessler (2010) afirmaram que a performance de uma PCA depende da inteligibilidade da mensagem construída pelo paciente. Entretanto, esse fator depende de uma análise qualitativa, pois a inteligibilidade da mensagem está relacionada principalmente ao entrosamento entre o emissor e o receptor da mensagem.

A vantagem de usar uma PCA de alta tecnologia está relacionada a forma como são utilizados os recursos tecnológicos. O armazenamento das pranchas de comunicação temática em um só dispositivo auxilia a organização do acervo de pranchas e a manutenção dessas soluções.



Outra vantagem é a possibilidade de integrar o uso de mecanismos de IHC para interagir com as PCAs. Essa característica permite que uma pessoa com SE tenha mais liberdade para compor as suas mensagens. Juntamente com os mecanismos de IHC, os *softwares* desenvolvidos para PCA podem conter teclados virtuais otimizados para a escrita de textos formais. Além disso, essas soluções podem implementar algoritmos de sugestão de conteúdo para auxiliar a escrita de mensagens usando o sistema PIC (BRADSHAW, 2013).

A próxima seção apresenta os trabalhos correlatos das Pranchas de Comunicação Alternativas de Alta Tecnologia. Todos os trabalhos são produtos disponibilizados para acesso ao público e referentes as pesquisas realizadas para melhorar a performance de entrada de dados.

### 4.3 Trabalhos Correlatos

Esta seção foi dividida em duas subseções. A primeira apresenta as PCAs de alta tecnologia mais utilizadas no contexto comercial. A segunda subseção descreve as principais funcionalidades que são pesquisadas para a otimização da performance de entrada de dados no sistema PIC.

#### 4.3.1 Pranchas de comunicação de alta tecnologia disponíveis no mercado

Franco et al. (2014) conduziram um estudo que comparou as características de diversas soluções de PCA disponíveis no mercado. Esse estudo identificou cinco características inerentes as pranchas de comunicação. Essas características são:

- a) C1: solução computacional para ser utilizada em dispositivos tecnológicos;
- b) C2: permite a utilização em dispositivos com tela sensível ao toque;
- c) C3: customização de elementos de usabilidade. Por exemplo, velocidade de varredura, número de ícones na tela e mecanismo de acesso;
- d) C4: evitar problemas de coesão textual. Por exemplo, permitir a elaboração de uma frase fora do contexto como **eu quero beber um carro**;
- e) C5: permitir a contextualização para a coesão da linguagem utilizada na PCA.

Dentre essas características listadas, Franco et al. (2014) verificaram a disponibilidade das características das PCAs analisadas de acordo com a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Comparação entre as soluções de PCA avaliadas no trabalho de Franco et al. (2014)

Proposta	Característica				
	C1	C2	C3	C4	C5
Gatti (GATTI; MATTEUCCI; SBATTELLA, 2004)	x		x	x	
Ramirez (RAMIREZ; SATURNO, 2013)	x		x	x	
Boardmaker (MAYER-JOHNSON, 2016)			x		
Que-Fala! (SI, 2016)	x	x	x		
Portal Aragonês (ARASAAC, 2016)			x		
Livox (LIVOX, 2016)	x	x	x		
Grid Player (SMARTBOX, 2016)	x	x			
Vox4All (IMAGINA, 2016)	x	x	x		

Fonte: Adaptado de Franco et al. (2014)

A Tabela 4.1 mostra que apenas as PCAs de Gatti, Matteucci e Sbattella (2004) e Ramirez e Saturno (2013) disponibilizaram recursos para auxiliar a coesão textual. A funcionalidade C5 não foi encontrada nas soluções analisadas. A modelagem dessa funcionalidade, descrita na seção 5.5, foi proposta no trabalho de Franco et al. (2014).

A próxima seção descreve quatro *softwares* de PCA de alta tecnologia que possuem os recursos básicos para o desenvolvimento e o armazenamento de pranchas de comunicação. As PCAs apresentadas são os *softwares* Grid 3, Proloquo2Go, Livox e “Que Fala!”.

#### 4.3.1.1 Grid 3

O Grid 3 é um *software* desenvolvido pela empresa *Smartbox* que possibilita o controle de um computador com sistema operacional *Windows*. Esse *software* permite a integração de dispositivos de IHC como acionadores sensíveis ao toque e câmeras para o rastreamento do globo ocular (SMARTBOX, 2016).

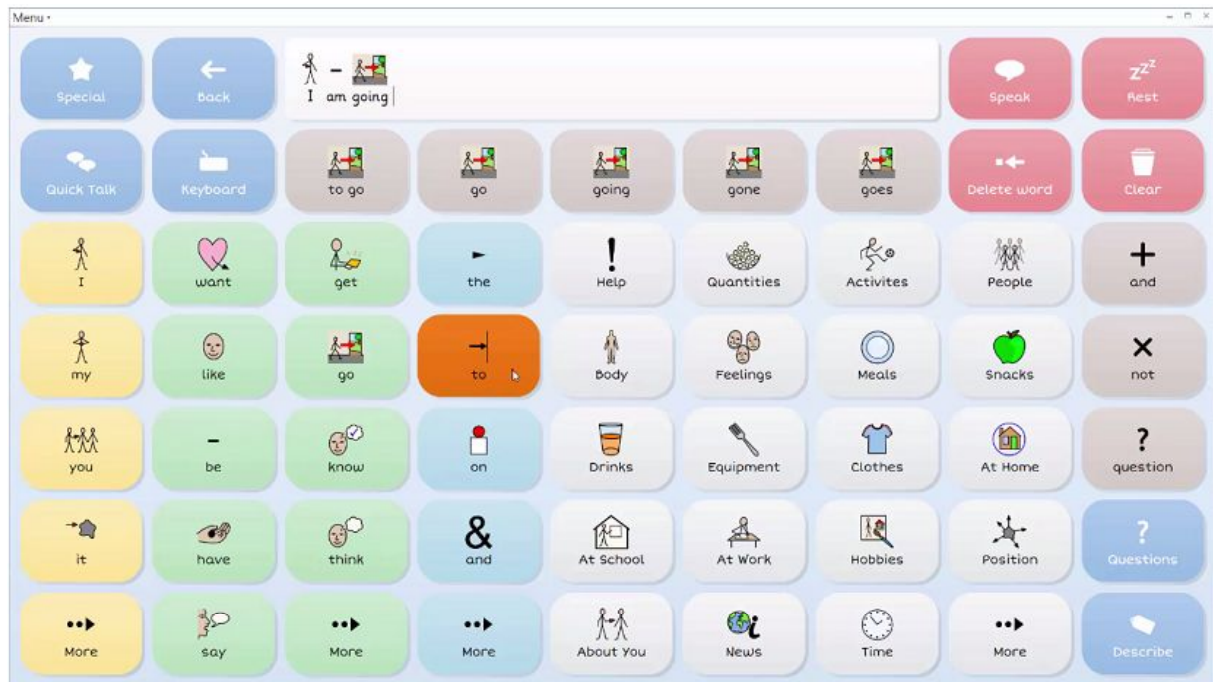
Esse sistema possibilita um alto grau de independência para uma pessoa com SE. O Grid 3 disponibiliza mecanismos de comunicação e permite o controle de ambientes que utilizam tecnologias de automação residencial. Esse foi o sistema mais completo identificado nesta pesquisa.

O usuário pode comunicar usando símbolos ou textos. O módulo de comunicação por símbolo possui um acervo próprio de pictogramas e permite a elaboração de pranchas de comunicação. Além disso, o Grid 3 possui algoritmos de sugestão de pictogramas com a finalidade de aumentar a eficiência da comunicação.

A Figura 4.9 apresenta o *layout* de uma prancha de comunicação utilizada na escrita de uma mensagem. Na região superior da tela o usuário visualiza o texto que está sendo digitado. Além disso, um vocalizador pronuncia as expressões conforme a frase é formulada. Os picto-

gramas são organizados de acordo com os agrupamentos básicos (pessoas, verbos, elementos sociais e substantivos). Finalmente, os pictogramas marcados de cinza abaixo da barra de texto são as sugestões para a próxima sentença.

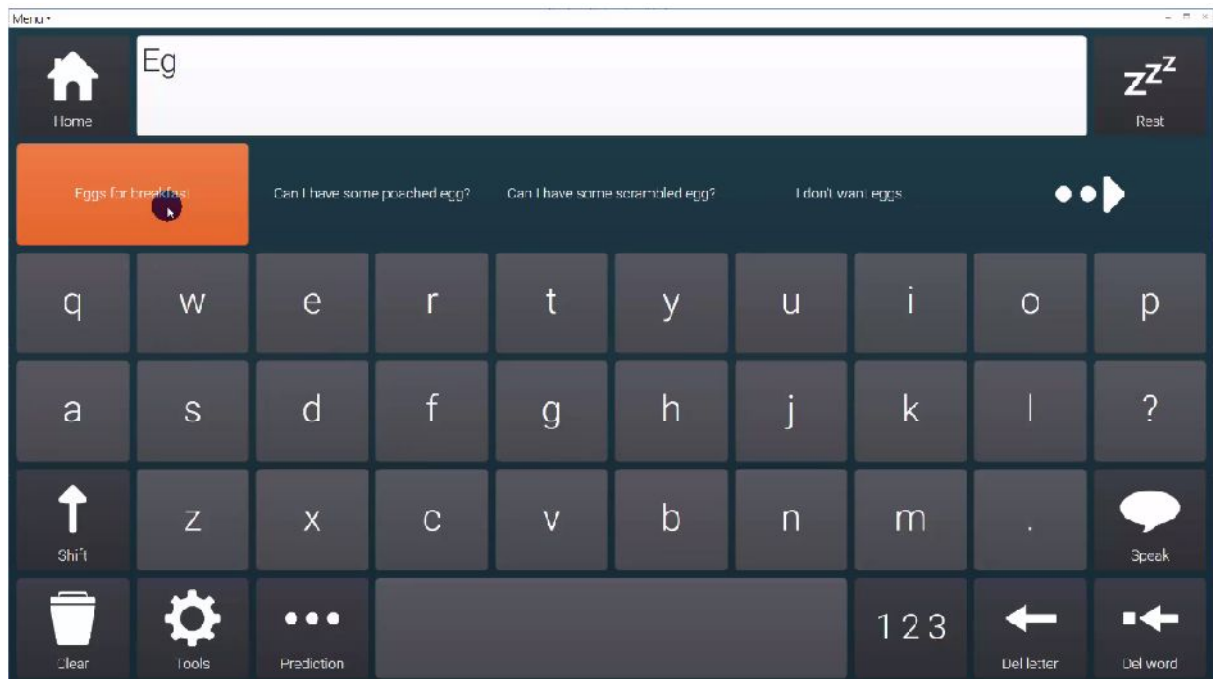
Figura 4.9 – Tela de seleção de pictogramas do *software* Grid 3



Fonte: (SMARTBOX, 2016)

O módulo de comunicação textual utiliza o teclado virtual proprietário Swiftkey™ (SWIFTKEY, 2016). Esse teclado apresenta sugestões para as palavras que estão sendo digitadas. Além disso, esse programa permite armazenar o histórico de conversas. Esse armazenamento possibilita o reaproveitamento de frases em um momento posterior. Finalmente, o sistema utiliza as informações de localização geográfica para a sugestão de frases contextualizadas.

A Figura 4.10 mostra o teclado virtual e o recurso de sugestão de frases armazenadas. Neste exemplo, a frase *Eggs for breakfast* tinha sido digitada anteriormente e quando o usuário digitou *Eg*, a frase foi apresentada na lista de sugestões.

Figura 4.10 – Teclado virtual para a formulação de mensagens textuais do *software* Grid 3

Fonte: (SMARTBOX, 2016)

#### 4.3.1.2 Proloquo2Go

O Proloquo2Go é um aplicativo para os dispositivos móveis iPad, iPhone e iPod Touch com módulos de visualização e edição de pranchas de comunicação. Além disso, esse sistema dispõe de um sintetizador de fala (INSTRUMENTS, 2016).

De acordo com o site do fabricante, o aplicativo possui um acervo de cerca de 10.000 símbolos, conjugação automática dos verbos, algoritmos de predição de palavras e suporte para mais de um perfil de usuário.

A Figura 4.11 apresenta a tela de composição de mensagem pela seleção de pictogramas. A barra superior mostra a mensagem que está sendo formulada e o sistema emite a vocalização da frase conforme são selecionados os pictogramas.

Figura 4.11 – Tela de seleção de pictogramas do *software* Proloquo2Go

Fonte: (INSTRUMENTS, 2016)

A mesma empresa que desenvolveu o Proloquo2Go fornece equipamentos de IHC para serem integrados com os dispositivos móveis. Assim, o Proloquo2Go é destinado a pessoas que possuem qualquer nível de restrição de fala e motora.

#### 4.3.1.3 Livox

O Livox é um *software* de PCA proprietário destinado a pessoas com dificuldade de fala disponível para *tablets* com sistema operacional *Android*. O modo de navegação desse *software* utiliza um mecanismo de varredura entre os elementos da tela. A seleção dos itens é realizada pelo toque na tela ou por um dispositivo externo.

Esse *software* permite que as mensagens sejam elaboradas pelo sistema PIC ou pela ortografia convencional. Além disso, o sistema armazena vários perfis de usuários. Assim, as

pranchas de comunicação podem ser compartilhadas entre dispositivos que possuem o *software* instalado. Finalmente, o teclado virtual possui um sintetizador de fala que é acionado conforme a mensagem é formulada (LIVOX, 2016).

A Figura 4.12(a) apresenta a tela inicial do Livox. Nessa tela o usuário pode iniciar a comunicação pelo sistema PIC, abrir o teclado virtual para a digitação de textos formais ou iniciar o modo de respostas rápidas com Sim/Não. Além disso, a Figura 4.12(b) mostra a tela de navegação do módulo de comunicação por sistema PIC.

Figura 4.12 – Principais telas do Livox. (a) Menu principal; (b) Tela de navegação de pictogramas



(a)



(b)

Fonte: (PLAY, 2016)

O Livox possui relevância significativa no mercado brasileiro, pois foi um produto que ganhou prêmios na área de CAA. Entre os prêmios conquistados por este *software* estão o prêmio de **Inovação Tecnológica com o Maior Impacto de 2014** pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) (BANK, 2016) e a **Copa do Mundo de Tecnologia do Vale do Silício EUA na categoria Educação** (SVFORUM, 2016). Além disso, o Livox foi considerado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o “Melhor Aplicativo de Inclusão Social do

Mundo” (AWARDS, 2016).

#### 4.3.1.4 Que Fala!

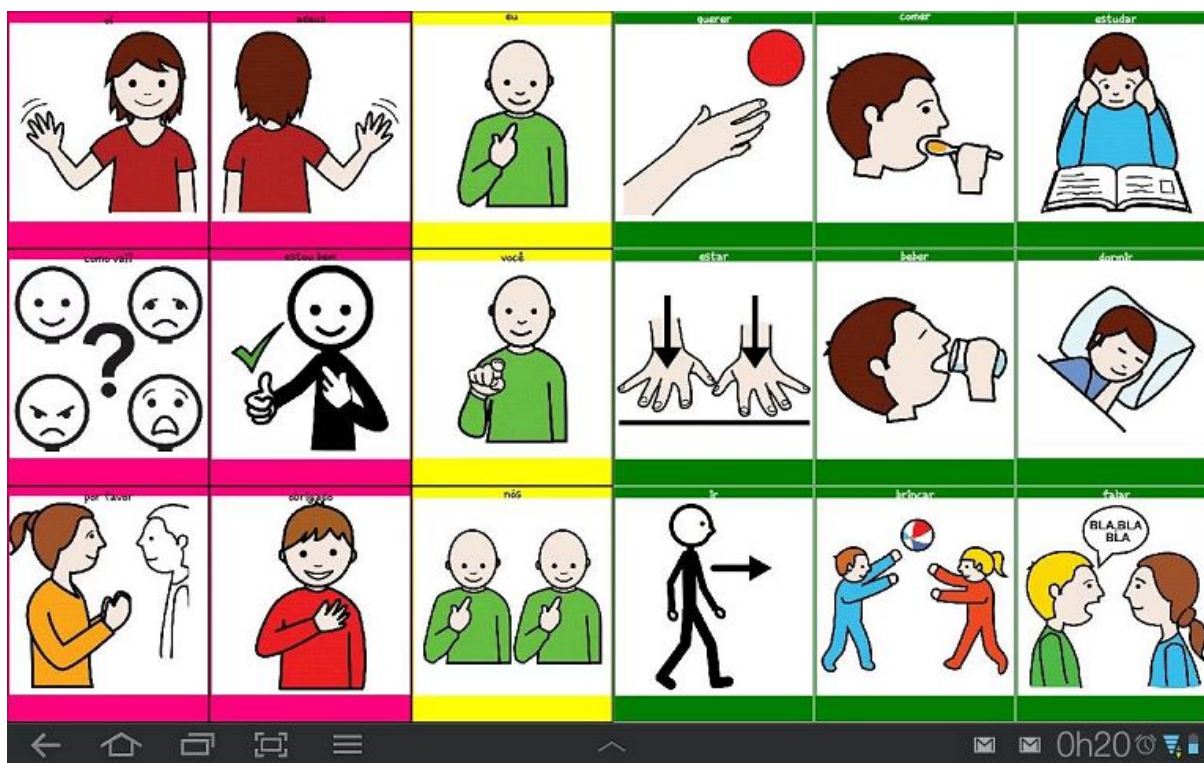
Semelhante ao Livox, o “Que Fala!” é um *software* de PCA para *tablets* e *smatphones*. O que diferencia o “Que Fala!” é a possibilidade de armazenar os dados das pranchas na internet por uma conta. Esse recurso permite que uma prancha seja importada para dispositivos que possuem esse *software* instalado (SI, 2016).

O módulo para exibição e operação da prancha nesse sistema é gratuito. Entretanto, o módulo de edição e integração de conteúdo personalizado é um recurso pago.

De acordo com as informações do próprio site que hospeda o “Que Fala!”, esse produto é destinado a todas as pessoas que fazem parte do ciclo de comunicação. Esse grupo é constituído pelos profissionais da saúde, usuários e cuidadores (SI, 2016).

Os pictogramas utilizados no “Que Fala!” são importados dos repositórios Sclera (EDUCATION, 2016) e da ARASAAC (ARASAAC, 2016). A Figura 4.13 mostra um exemplo da interface gráfica desse sistema.

Figura 4.13 – Tela de seleção dos pictogramas do *software* Que Fala!



Fonte: (SI, 2016)



### 4.3.2 Técnicas para melhoria da performance no processo de comunicação

Esta subseção apresenta as principais funcionalidades que um *software* de PCA de alta tecnologia deve conter para garantir a melhoria da performance no processo de comunicação. O trabalho de revisão de Bradshaw (2013) verificou as características de 244 aplicativos de CAA. Além disso, esses pesquisadores elaboraram uma classificação de acordo com as funcionalidades disponíveis nos aplicativos analisados.

As funcionalidades dos aplicativos de CAA foram classificadas como:

- a) **Sintetizadores de fala:** esses aplicativos convertem o texto para a comunicação oral;
- b) **Matriz de símbolos:** diversos símbolos são organizados de forma matricial. Nessa matriz cada símbolo ativa a vocalização de uma palavra ou de uma frase;
- c) **Predição de palavras:** as palavras são sugeridas conforme o usuário inicia a digitação;
- d) **Frases:** alguns aplicativos possuem algumas frases pré-configuradas de acordo com a rotina de comunicação do usuário;
- e) **Direcionamento do olho:** as pessoas realizam a comunicação conforme o direcionamento do olho. O receptor da mensagem segue a direção que o olho aponta para o símbolo disposto na tela;
- f) **História por fotos:** usa a câmera para fotografar e utiliza as fotos para construir apresentações adicionando textos as imagens; e
- g) **Picture Exchange Communication System (PECS):** aplicativos que usam a troca de imagens para estabelecer a comunicação.

Pode-se verificar que essas funcionalidades são aplicadas às soluções de CAA de maneira geral. Na seção 2.3 foi mostrado que existem pessoas com restrições cognitivas e/ou motora.

Os dispositivos de CAA identificados na literatura foram projetados para atender diversos tipos de pessoas com necessidades especiais. O diferencial do contexto de uso está na forma de acesso, pois pacientes com restrições motoras necessitam de um mecanismo de IHC para interagir com o dispositivo de CAA (CHAPPLE, 2011).

Assim, para garantir a melhoria da performance no processo de comunicação, as PCAs de alta tecnologia devem aprimorar os recursos de predição de palavras, sugestão de frases e mecanismo de navegação da interface gráfica.

## 4.4 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado as principais características das Pranchas de Comunicação Alternativas. Durante a elaboração de uma PCA deve-se analisar a seleção dos recursos que são organizados em *design* e acessibilidade. Os recursos de design correspondem ao símbolo linguístico utilizado na comunicação, à disposição dos símbolos na prancha e se os recursos são de alta ou baixa tecnologia. Os parâmetros de acessibilidade correspondem ao modo de acesso à prancha, à velocidade de acesso e ao posicionamento físico da PCA.

Como signo linguístico foi apresentado o sistema PIC. Esse sistema utiliza o agrupamento de algumas palavras e expressões em categorias que possuem uma função gramatical em comum.

Patak et al. (2006) realizaram um estudo em pacientes com graves restrições motoras e verificaram que o nível de frustração na tentativa de comunicação diminuiu mediante o uso de PCA. Além disso, as PCAs foram utilizadas para promover a socialização de pessoas com restrições de fala.

As PCAs de baixa tecnologia são construídas fisicamente e dependem de uma pessoa que auxilie no processo de comunicação. As vantagens desse tipo de PCA estão no baixo custo de aquisição, na facilidade de uso e na aceitação dos usuários (IACONO; LYON; WEST, 2011).

Em contrapartida, as PCAs de alta tecnologia possuem custo mais elevado, porém os recursos tecnológicos são utilizados para tornar o processo de comunicação mais eficiente. Além disso, essas pranchas permitem que o paciente se comunique de forma independente.

Uma PCA de alta tecnologia deve ser projetada considerando as necessidades individuais de cada paciente. Assim, esses *softwares* não devem exigir que o paciente se adeque à tecnologia. Portanto, é necessário que a PCA seja adaptada ao paciente (GOSNELL; COSTELLO; SHANE, 2011). Além disso, é uma boa prática associar os parâmetros de velocidade e relevância do conteúdo produzido para garantir o melhor uso de uma PCA (HOAG et al., 2004).

O próximo capítulo apresenta os métodos usados para melhorar a performance de comunicação de usuários de PCA de alta tecnologia. Os métodos apresentados neste capítulo são utilizados para a sugestão de conteúdo no processo de construção de frases que usam o sistema PIC.

# CAPÍTULO 5

## *TÉCNICAS DE SUGESTÃO DE CONTEÚDO*

### 5.1 Introdução

O objetivo das técnicas de sugestão de conteúdo é selecionar as opções mais prováveis de serem escolhidas entre um grande volume de dados. Essas técnicas são aplicadas em diversas áreas da computação. Algumas dessas áreas são predição de palavras, sugestão de produtos de lojas virtuais e em motores de busca (PARK et al., 2012a).

Para o usuário de um sistema a utilização de técnicas de sugestão de conteúdo possibilita a economia de tempo durante a seleção das opções disponíveis. Além disso, essa técnica pode apresentar conteúdos relevantes que o usuário desconhece, porém importantes para o seu contexto atual (LU et al., 2015).

Este capítulo apresenta técnicas que auxiliam no processo de sugestão de conteúdo. A seção 5.2 descreve a abordagem de sugestão por frequência de uso de pictogramas. Os modelos de Markov que utilizam a probabilidade de transição de estados para realizar as sugestões são apresentados na seção 5.3. Em seguida, é descrito o uso de sistemas de recomendação que realizam a sugestão a partir do perfil do usuário e dos elementos a serem sugeridos. Finalmente, é apresentado um modelo de customização de vocabulário. Esse modelo possibilita a vinculação de grupos de palavras a determinados contextos da aplicação.

### 5.2 Frequência de Uso

O modelo de sugestão por frequência de uso é o método de decisão mais simples e mais fácil de ser implementado (MAGERMAN, 1995). Esse método define uma árvore de decisão a partir da frequência de uso dos elementos de uma base de dados.

Assim, cada elemento pertencente a um repositório de dados possui um peso. Esse peso é incrementado toda vez que o elemento é selecionado. A soma dos pesos de todos os elementos representa a totalidade do histórico de uso dos elementos de um repositório. A partir do total de uso é calculada a probabilidade de ocorrência de cada elemento pela definição mostrada na

Equação (5.1).

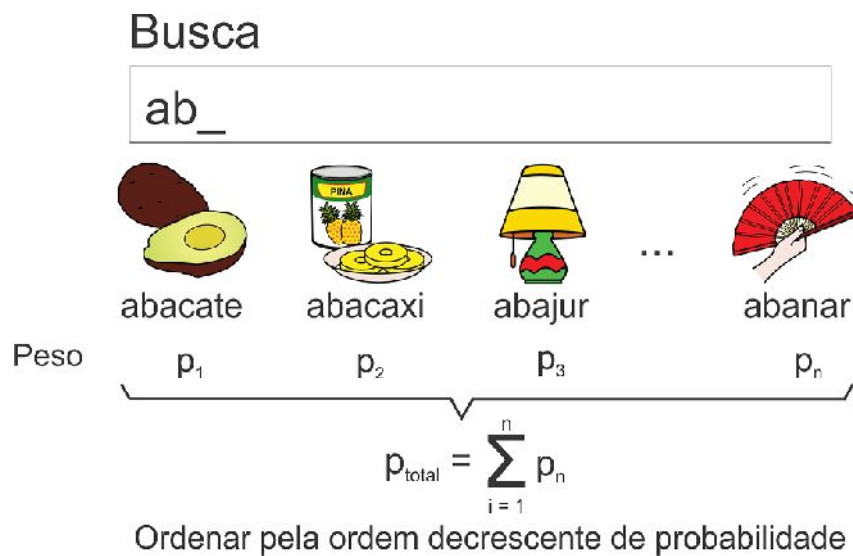
$$P_i = p_i / p_{\text{total}} \quad (5.1)$$

em que:  $P_i$  corresponde à probabilidade de ocorrência de um elemento  $i$ ,  $p_i$  é o peso do elemento  $i$  e  $p_{\text{total}}$  é a soma de todos os pesos do repositório de dados.

Entretanto, para um repositório de dados extenso esse método se torna inviável, pois com a utilização contínua do sistema os pesos são fragmentados. Essa fragmentação aproxima o valor da probabilidade dos elementos mais significativos dos demais elementos. Por exemplo, a probabilidade de ocorrência de um elemento em um repositório de dez mil elementos tende a ser um valor baixo, inviabilizando o processo de sorteio.

Normalmente, o repositório de dados é filtrado por uma série de critérios antes da execução dos cálculos de probabilidade. Para um problema como o investigado neste trabalho é importante aplicar um filtro inicial para os pictogramas. Esse filtro pode ser executado utilizando as letras iniciais do pictograma e/ou do grupo do pictograma. A Figura 5.1 ilustra o processo de sugestão com frequência de uso utilizado em aplicações correlatas a este trabalho.

Figura 5.1 – Exemplo do método de sugestão por frequência na escolha de pictogramas



Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar que a sequência de caracteres iniciais da busca apresentados na Figura 5.1 são **ab**. Essa sequência é utilizada como critério de filtro. A partir do resultado da busca é calculado o peso total e a probabilidade dos elementos filtrados. A lista de sugestão mostrada pelo programa é ordenada em ordem decrescente de probabilidade.

### 5.3 Modelos de Markov

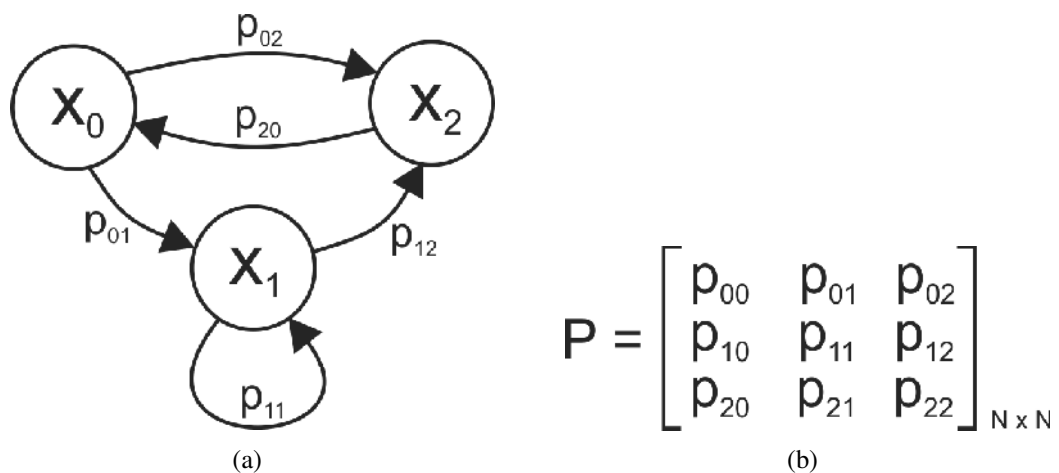
O modelo de Markov é amplamente utilizado em aplicações de predição de conteúdo no espaço de tempo discreto (DIMURO et al., 2002). Esse modelo é um processo estocástico que representa a probabilidade de transição entre os estados. Assim, a distribuição de probabilidade para o desenvolvimento de uma série depende apenas do estado presente. Essa distribuição desconsidera como o processo chegou nesse estado. Além disso, o sistema de transição de estados são representados por vetores probabilísticos que variam no espaço temporal. Quando o espaço de estados é discreto o modelo de Markov é denominado como cadeia de Markov.

#### 5.3.1 Cadeias de Markov

As cadeias de Markov são representadas por uma matriz de transição de estados. Essa matriz contém as probabilidades de transição para cada instante de tempo do modelo a ser representado (MCCOOL, 2003). As matrizes de transição de estados podem ser alteradas de acordo com o decorrer do tempo. Essas matrizes consideram o tempo como uma grandeza discreta.

Além das matrizes de transição as cadeias de Markov podem ser representadas em forma de um grafo similar a um diagrama de estados (KEMENY; SNELL et al., 1960). A Figura 5.2 mostra a representação matricial e por grafo.

Figura 5.2 – Maneiras de representar uma cadeia de Markov. (a) diagrama de estados; (b) matriz de transição de estados



Fonte: Elaborada pelo autor

em que:  $I$  é o espaço de estados,  $N$  o número de estados de tal forma que  $x_n \in I$  e  $x_i, x_j \in I$ . Assim, assume-se que  $p_{ij}$  é a probabilidade de transição do estado  $x_i(t)$  para o estado  $x_j(t + 1)$ .

1), logo a matriz  $N \times N$  de transição de estados é representada pela Equação (5.2).

$$P = [p_{ij}] \quad (5.2)$$

Na matriz  $P$  o índice  $i$  da linha representa o estado de origem e o índice  $j$  da coluna o estado de destino. Por exemplo,  $p_{1,5}$  representa a probabilidade de ocorrer a transição do estado 1 para o estado 5. A soma de cada linha da matriz  $P$  deve ser igual a 1.

A simulação de uma cadeia de Markov é iniciada a partir da escolha de um estado inicial  $x_0$ . O estado sucessor ( $x_1$ ) é escolhido por meio da matriz de transição de estados. O processo é repetido para gerar o próximo estado, e assim sucessivamente.

A cadeia é classificada como **regular**, quando todo estado é acessível a partir de um estado qualquer. Por definição, nas cadeias regulares sempre existe um número de caminhos finitos para que um estado seja alcançado a partir de outro estado. Assim, esse tipo de cadeia possibilita a comunicação entre todos os estados.

A cadeia é classificada como **não-regular** se ela possuir estados que não são acessíveis a partir de um estado qualquer. A probabilidade de transição entre os estados que não possuem caminho na matriz  $P$  é zero. Uma cadeia de Markov **não-regular** pode atingir um estado de comunicação fechado. Essa situação ocorre quando é impossível sair de um determinado estado.

Uma das aplicações clássicas para a cadeia de Markov é na área de análise de escrita de textos (HILGERS; LANGVILLE, 2006). Hilgers e Langville (2006) elaboraram um estudo que analisou o comportamento da sequência das letras de um poema. Nesse estudo os estados representavam o uso de vogais ou de consoantes. Ao analisar um outro texto os pesquisadores obtiveram uma matriz de transição de estados completamente diferente.

O resultado obtido por Hilgers e Langville (2006) identificou que em alguns problemas a matriz de transição de estados varia de acordo com o tempo  $t$ . Assim, para um modelo mais robusto deveria ser elaborada uma matriz de acordo com os estados anteriores.

Esse comportamento determina que o modelo de Markov representa a dependência condicional do fenômeno representado. A **ordem** do modelo corresponde ao grau de dependência de um evento anterior (AZEVEDO; LEITÃO, 1990). Um modelo de ordem 1 significa que a permanência em um estado  $x_i$  depende do estado  $x_{i-1}$ . Enquanto que um modelo de ordem 2 restringe a dependência de um estado  $x_i$  aos estados  $x_{i-1}$  e  $x_{i-2}$ , respectivamente.

A escolha da ordem utilizada em uma cadeia de Markov depende diretamente da natureza do fenômeno representado. Outro elemento a ser considerado para determinar a ordem da cadeia é a complexidade computacional para o cálculo da matriz de transição de estados. O tempo computacional para a execução de uma cadeia de Markov depende diretamente do número de estados e do volume de dados para a elaboração das matrizes de transição.

### 5.3.2 Predição de palavras utilizando cadeias de Markov

Sima'an (2000) propôs um modelo de predição de palavras que utiliza a cadeia de Markov. O espaço de estados representados na cadeia correspondem às palavras de um idioma. Essa técnica é aplicada no reconhecimento de fala ou escrita e corretores ortográficos.

Para a aplicação dessa técnica é necessário elaborar uma base estatística a partir do corpus da linguagem a ser modelada. O número de estados dessa cadeia corresponde a todas as sequências de palavras no vocabulário.

A finalidade da análise estatística a ser realizada sobre o corpus de uma linguagem é a construção da matriz de transição de estados. Entretanto, essa análise inviabiliza a proposta, pois o espaço de estados é muito grande. Por exemplo, para um corpus de 40.000 palavras é construída uma matriz de  $40.000^2$  elementos.

Para reduzir a complexidade da matriz de transição de estados foi proposto a utilização de *n-grams* para agrupar os estados (SIMA'AN, 2000). Essa abordagem evita que ocorra a combinação de palavras improváveis como “eu telefone” ou até mesmo “fruta cadeira”.

Os *n-grams* são conjuntos de palavras que formam uma sequência, variando de duas até *n* palavras. O uso de *n-grams* é análogo à configuração de ordem da cadeia de Markov, pois os estados anteriores são agregados nas combinações formadas pelos *n-grams*. Nessa técnica o estado inicial é trabalhado de forma especial, pois não existem elementos anteriores na sentença.

Para ilustrar a utilização dos *n-grams* em conjunto com a cadeia de Markov foi construído um *2-gram* para o texto “O casal acordou cedo. O casal acordou tarde. O filho do casal acordou”. A Tabela 5.1 mostra a matriz de transição de estados para os pares de palavras do texto analisado.

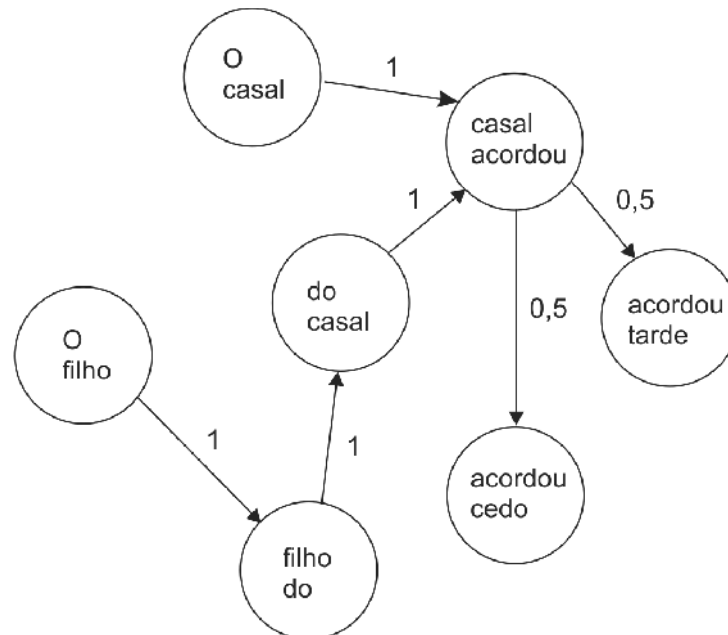
Tabela 5.1 – Matriz de transição de estados em forma de *2-gram* para o texto “O casal acordou cedo. O casal acordou tarde. O filho do casal acordou”

	O casal	casal acordou	acordou cedo	acordou tarde	O filho	filho do	do casal
O casal	0	1	0	0	0	0	0
casal acordou	0	0	0,5	0,5	0	0	0
acordou cedo	0	0	0	0	0	0	0
acordou tarde	0	0	0	0	0	0	0
O filho	0	0	0	0	0	1	0
filho do	0	0	0	0	0	0	1
do casal	0	1	0	0	0	0	0

Nesse exemplo que a maioria das probabilidades de transição de estados é igual a zero. Esse cenário ocorre porque é curto o texto utilizado para a construção da matriz de transição

de estados. Além disso, analisando a representação em forma de diagrama de estados na Figura 5.3, pode-se verificar que essa cadeia de Markov é não-regular.

Figura 5.3 – Representação na forma de diagrama de estados da cadeia de Markov mostrada na Tabela 5.1



Fonte: Elaborada pelo autor

## 5.4 Sistemas de recomendação

Os sistemas de recomendação são utilizados para identificar o interesse dos usuários em produtos e/ou serviços. Esses sistemas definem o interesse do usuário em situações em que o número e a complexidade de ofertas ultrapassam a capacidade de pesquisa para a tomada de decisão (RICCI; ROKACH; SHAPIRA, 2011). Os sistemas de recomendação são diferentes das máquinas de busca. Esses sistemas consideram o perfil de cada usuário durante a classificação dos elementos. Esse perfil determina os critérios de individualidade dos usuários do sistema.

Existem diversas técnicas de recomendação. Cada técnica possui suas vantagens e desvantagens. A escolha da técnica de recomendação depende da natureza do problema abordado.

### 5.4.1 Técnicas de recomendação

Burke (2002) caracteriza os sistemas de recomendação utilizando os seguintes elementos:



- a) *background data*: a informação que o sistema possui antes de iniciar o processo de recomendação;
- b) *input data*: a informação que o usuário deve passar para o sistema com a finalidade de gerar a recomendação;
- c) metodologia: algoritmo que combina *background data* e *input data* para resultar na sugestão.

Os algoritmos de sugestão variam de acordo com a interação dos elementos de *background data* e *input data*. As técnicas de sugestão apresentadas na literatura são:

- a) **Sugestão colaborativa**: o método mais usual. Utiliza as comparações entre os usuários. A avaliação dos itens pode ser binária (sim/não) ou por escala de preferência;
- b) **Sugestão baseada no conteúdo**: os objetos de interesse são definidos por características associadas;

Por exemplo, sistemas de recomendação de texto que utilizam palavras como elementos sugeridos. O sistema elabora o perfil do usuário a partir das características dos elementos que ele já classificou. Nessa técnica a recomendação é realizada por árvores de decisão, redes neurais ou representações vetoriais.

- c) **Sugestão demográfica**: categoriza o usuário utilizando os atributos pessoais e desenvolve as recomendações usando as classes demográficas;
- d) **Sugestão baseada em utilidade**: faz a sugestão de acordo com o grau de utilidade de cada elemento para o usuário. Essa técnica necessita do desenvolvimento de uma função de utilidade;

A função de utilidade calcula um valor de utilidade para os elementos a serem recomendados. Inicialmente esses cálculos podem ser executados usando o conhecimento funcional. A maioria dos sistemas que utilizam essa técnica requerem que os usuários façam seu próprio mapeamento;

- e) **Sugestão baseada no conhecimento**: sugere objetos de acordo com as inferências sobre as necessidades do usuário e as suas preferências. O conhecimento funcional é usado nessa técnica. Assim, um elemento específico encontra uma necessidade particular do usuário;
- f) **Sugestão híbrida**: é a combinação de duas ou mais técnicas de recomendação.

A Tabela 5.2 mostra um comparativo entre as técnicas de recomendação. Para a comparação são apresentados os tipos de *background*, os *inputs* e as operações de cada uma das técnicas. O conjunto  $U$  representa o universo de usuários do sistema. O  $u$  define o usuário para

o qual é sugerida a recomendação. Da mesma forma, o conjunto  $I$  representa o universo de todos os elementos e  $i$  um elemento específico.

Tabela 5.2 – Técnicas de recomendação

Técnica	Background	Input	Operação
Colaborativo	Classificações de $U$ dos elementos em $I$	Classificação de $u$ dos elementos em $I$	Identificar os usuários em $U$ similares a $u$ , e extrapolar as suas classificações de $i$
Baseada no conteúdo	Características dos elementos em $I$	Classificação de $u$ dos elementos em $I$	Gerar um classificador que acopla o comportamento de classificação de $u$ e utilizar ele em $i$
Demográfico	Informação demográfica sobre $U$ e suas classificações em $I$	Informação demográfica sobre $u$	Identificar usuários que são demograficamente parecidos com $u$ e extrapolar as suas classificações de $i$
Baseada na utilidade	Características dos elementos em $I$	Função de utilidade sobre os elementos em $I$ que descreve as preferências de $u$	Aplicar a função para os itens e determinar o peso de $i$
Baseada no conhecimento	Características dos elementos em $I$ . Conhecimento de como esses elementos se enquadram nas necessidades do usuário	A descrição das necessidades e dos interesses de $u$	Inferir a correspondência entre $i$ e a necessidade de $u$

Fonte: Adaptado de Burke (2002)

#### 5.4.2 Comparação das técnicas de recomendação

O principal desafio dos sistemas de recomendação é no tratamento do problema de *ramp-up*. Esse termo refere-se a dois problemas interrelacionados (BURKE, 2002). O primeiro problema ocorre quando um novo usuário utiliza o sistema. As recomendações seguem uma comparação entre esse usuário e os outros usuários. Como o perfil desse usuário possui poucas avaliações, torna-se difícil caracterizá-los. O segundo problema ocorre quando um novo elemento é inserido no conjunto  $I$ . Esse elemento ainda não possui avaliações e não pode ser recomendado de forma fácil.

A Tabela 5.3 lista as características que podem ser associadas às técnicas de recomendação. Essas características são classificadas como vantagens ou desvantagens.

Tabela 5.3 – Características que são associadas às técnicas de recomendação.

Sigla	Característica	Tipo
A	Pode identificar nichos de vários gêneros	Vantagem
B	Não é preciso conhecimento do domínio	Vantagem
C	Adaptativo: qualidade aumenta a todo instante	Vantagem
D	Feedback implícito é suficiente	Vantagem
E	Não precisa de ramp-up	Vantagem
F	Sensitivo às mudanças de preferências	Vantagem
G	Pode incluir características que não são dos elementos	Vantagem
H	Pode mapear as necessidades dos usuários aos elementos de sugestão	Vantagem
I	Problema ramp-up para novo usuário	Desvantagem
J	Problema ramp-up para novo elemento	Desvantagem
K	Problema da "ovelha cinza"	Desvantagem
L	Qualidade depende de uma base histórica grande	Desvantagem
M	Estabilidade vs. problema de plasticidade	Desvantagem
N	Deve reunir informação demográfica	Desvantagem
O	Usuário deve informar a função de utilidade	Desvantagem
P	Sugestão estática (não ocorre aprendizagem)	Desvantagem
Q	É necessário engenharia de conhecimento sobre o domínio do problema	Desvantagem

Fonte: Adaptado de Burke (2002)

Burke (2002) relacionou as características listadas para os métodos de recomendação. A Tabela 5.4 mostra as vantagens e as desvantagens de cada uma das técnicas de recomendação.

Tabela 5.4 – Vantagens e desvantagens das técnicas de recomendação

Técnica	Vantagens	Desvantagens
Colaborativo	A, B, C, D	I, J, K, L, M
Baseada no conteúdo	B, C, D	I, L, M
Demográfico	A, B, C	I, K, L, M, N
Baseada na utilidade	E, F, G	O, P
Baseada no conhecimento	E, F, G, H	P, Q

Fonte: Adaptado de Burke (2002)

A técnica **baseada no conteúdo** tem um problema de inicialização para um novo usuário e a qualidade da recomendação depende do histórico de avaliações. Portanto, nessa técnica as avaliações são limitadas pelas características do elemento descrito.

A grande vantagem da abordagem **colaborativa** é a capacidade de realizar o cruzamento entre o perfil de vários usuários. Essa abordagem e a **baseada em conteúdo** podem ser influenciadas pelo efeito portfólio. Esse efeito determina que um sistema ideal não pode sugerir um elemento que o usuário já tenha selecionado em um momento anterior. Esse efeito pode ser um problema, pois os elementos que não estão relacionados com o perfil do usuário não são facilmente sugeridos.

O problema da “ovelha cinza” foi constatado nas técnicas de recomendação **colaborativa e demográfica**. Esse problema é relacionado com a falsa similaridade entre os elementos (CLAYPOOL et al., 1999). Assim, um elemento falso positivo é sugerido para o usuário mesmo sem ter um *feedback* registrado no perfil do usuário.

As técnicas baseadas em **utilidade e conhecimento** não possuem o problema *ramp-up*, pois as recomendações são realizadas a partir das evidências estatísticas acumuladas. A técnica **baseada em utilidade** requer que o sistema construa uma função de utilidade completa a partir das características do elemento em construção.

A recomendação **baseada em conhecimento** precisa da aquisição do conhecimento, essa aquisição é realizada com o auxílio de um catálogo, modelos ou elaborada pelo usuário. O principal problema está relacionado ao equilíbrio entre a estabilidade e a plasticidade. Esse problema ocorre quando existe uma grande lista de elementos de interesse para o usuário. Assim, esses elementos são sempre sugeridos e novos elementos são excluídos das listas de sugestões (AREKAR; SONAR; UKE, 2015).

Além disso, alguns sistemas adaptativos incluem a técnica de desconto temporal. Essa técnica determina que com o passar do tempo os elementos mais prováveis de serem sugeridos tenham menos influência para definir o peso dos elementos.

### 5.4.3 Definição da técnica de recomendação para sugestão de pictogramas conforme o problema proposto.

Para escolher a técnica de recomendação de pictogramas é necessário verificar qual o problema que está sendo analisado. O cenário do problema é de um usuário que não comunica com os outros usuários do sistema. Além disso, esse usuário deve interagir com uma coleção de elementos a serem sugeridos. Essa coleção é consideravelmente pequena.

A técnica de recomendação mais adequada para esse cenário é a técnica **baseada em conteúdo**. Essa técnica usa um conjunto de elementos para elaborar um sugestão. Além disso, o sistema deve ser mono usuário.

Os problemas dessa técnica são mostrados na Tabela 5.4. Esses problemas ocorrem quando um novo usuário utiliza o sistema, pois a qualidade das sugestões dependem da base de dados elaborada durante a utilização do sistema.

O problema do novo usuário é uma vantagem para o contexto de uso dessa técnica de recomendação, pois o usuário não precisa descobrir novos elementos. Isso porque, ele utiliza os pictogramas que representam a sua maneira de se comunicar.

A próxima seção apresenta um modelo de customização de vocabulário desenvolvido

por Franco et al. (2014). A utilização desse modelo com as outras técnicas de sugestão de conteúdo pode otimizar a comunicação em ambientes no qual os diálogos são específicos, como por exemplo, em ambientes clínicos, acadêmicos ou residenciais.

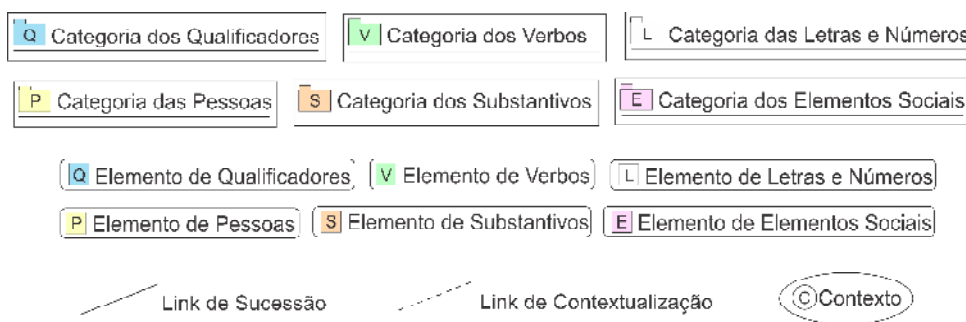
## 5.5 Modelo de Customização de Vocabulário

Um modelo de customização de vocabulário foi proposto por Franco et al. (2014). O objetivo desse modelo é reduzir o número de elementos pela associação de contextos no qual é executada uma aplicação. Além disso, o modelo proposto por Franco et al. (2014) pode auxiliar a coesão das mensagens formuladas e tornar os processos de sugestão de conteúdo mais eficientes.

Franco et al. (2014) propuseram uma linguagem construída utilizando o padrão *Extensible Markup Language* (XML) para manter a configuração do vocabulário *Communication Board Markup Language* (CBML). A CBML é representada por uma notação textual ou por um diagrama.

Os elementos da CBML são fundamentados na notação das chaves de Fitzgerald (FROST; BONDY, 2002). A Figura 5.4 mostra os elementos utilizados no modelo de customização de vocabulário.

Figura 5.4 – Elementos representados na CBML



Fonte: Adaptado de Franco et al. (2014)

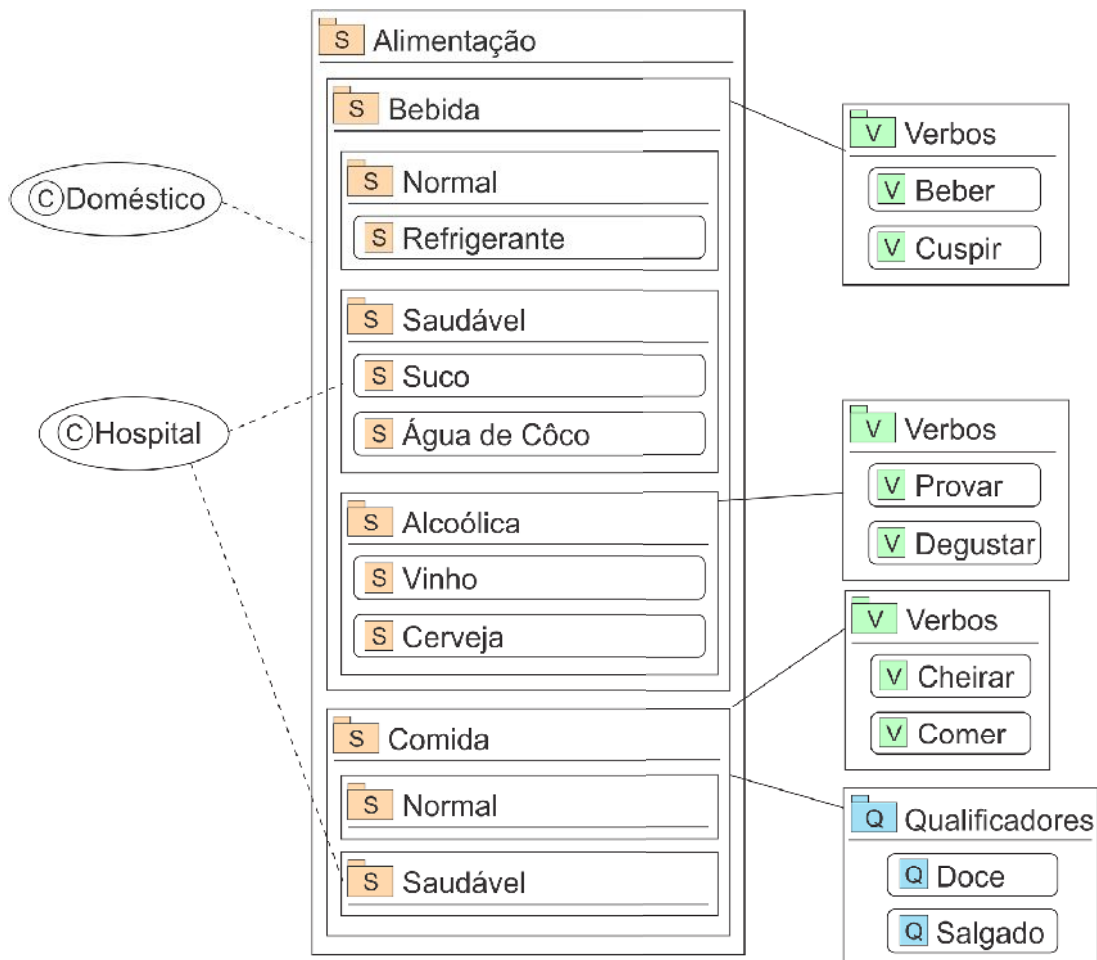
Os elementos da notação são **categorias** representadas pelo ícone de uma pasta. Essa pasta possui a letra inicial do nome da categoria e a cor do padrão da chave de Fitzgerald. Além disso, a notação de **elementos** é representada por um retângulo que possui a letra inicial da categoria do pictograma e o rótulo com a palavra que esse elemento representa.

O **contexto** corresponde ao ambiente em que será utilizada a Prancha de Comunicação Alternativa. Esse contexto é representado por uma elipse. O **link de sucessão** é simbolizado por uma linha contínua que indica qual pictograma ou grupo de pictogramas relacionam entre si.

Finalmente, o **link de contextualização** conecta o **contexto** às **categorias** ou **elementos**. Esse link é representado por uma linha tracejada.

A configuração do relacionamento entre os elementos da CBML garante a coesão de uma mensagem pictográfica. A Figura 5.5 mostra um exemplo de uma configuração para o contexto de um hospital e de um ambiente residencial.

Figura 5.5 – Exemplo gráfico de uma configuração realizada na modelagem CBML



Fonte: Adaptado de Franco et al. (2014)

A Figura 5.5 mostra que cada **elemento** ou **categoria** é conectado de forma que esse relacionamento restringe as possibilidades entre as combinações pictográficas. Por exemplo, a categoria do substantivo “comida” é conectada com as categorias dos verbos “comer” e “cheirar” e dos adjetivos “salgado” e “doce”.

O exemplo ilustrado na Figura 5.5 foi configurado para que no ambiente hospitalar o usuário possa selecionar como forma de alimentação do tipo bebida apenas suco e água de côco.

A aplicação deste modelo possibilita que os algoritmos de sugestão de pictogramas se-

jam mais precisos. Essa otimização está relacionada a quantidade de opções que o usuário pode escolher. Nessa situação o número de opções é reduzido, pois o modelo direciona a conexão entre os elementos pictográficos.

## 5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou as técnicas para sugestão de conteúdo aplicadas à escolha de pictogramas. Diferente das técnicas de predição de textos, a quantidade de palavras do acervo de pictogramas é pequena em relação às palavras catalogadas em um dicionário linguístico. Além disso, os pictogramas são agrupados em seis categorias que abordam o significado das palavras ao invés de agrupá-los por classes gramaticais.

Foram apresentadas as técnicas de frequência de uso, cadeias de Markov e sistemas de recomendação. Essas técnicas podem ser utilizadas em conjunto com o modelo de customização de vocabulário.

A combinação das técnicas apresentadas neste capítulo ao modelo de customização de vocabulário permite que as sugestões de um pictograma sejam realizadas com maior coesão e variem de acordo com o contexto aplicado.

O próximo capítulo apresenta o modelo da PCA de alta tecnologia desenvolvida neste trabalho. Além disso, as técnicas de sugestão de conteúdo foram aplicadas como recursos da PCA desenvolvida.

# CAPÍTULO 6

## *PRANCHA DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA DINÂMICA*

### 6.1 Introdução

Este capítulo apresenta o modelo da Prancha de Comunicação Alternativa desenvolvido neste trabalho. Esse modelo utiliza dispositivos acionadores como forma de interface Homem-Computador. Portanto, pode ser utilizado qualquer dispositivo que possibilite uma entrada binária para representar os sinais aberto e fechado.

O mecanismo de navegação na PCA pode ser configurado para utilizar o método de seleção direta ou varredura. É apresentado o layout do protótipo da PCA, a integração do teclado virtual proposto em Gomide et al. (2016) e as técnicas de sugestão de conteúdo.

### 6.2 Prancha de Comunicação Alternativa

O processo de desenvolvimento da Prancha de Comunicação Alternativa proposto neste trabalho foi dividido nas seguintes etapas: interação Homem-Computador e navegação, *layout*, organização dos pictogramas, teclado virtual para a escrita formal e técnicas de sugestão de conteúdo. Essas etapas são descritas nas próximas subseções.

#### 6.2.1 Interação Homem-Computador e mecanismo de navegação

A PCA desenvolvida neste trabalho utiliza dispositivos acionadores que possuem interface com computadores pessoais como meio de IHC. Os meios de navegação descritos na Seção 3.5 foram configurados para interagir com os dispositivos acionadores.

O estado do dispositivo acionador é classificado como inativo, involuntário, curto ou longo. O estado inativo ocorre quando o usuário está em repouso e não é feito nenhum tipo de contato com o acionador. Quando o usuário aciona o dispositivo por um curtíssimo período



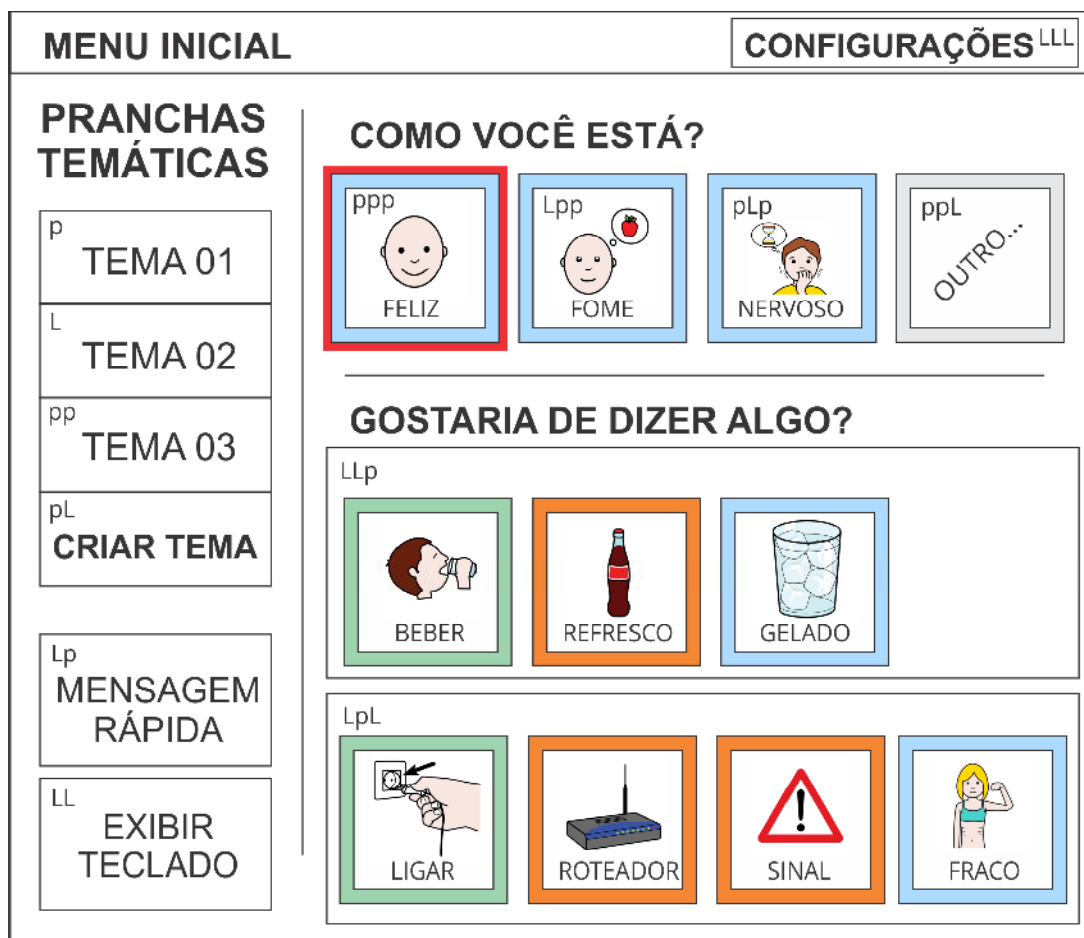
ocorre o estímulo involuntário. Finalmente, os estímulos curto e longo são caracterizados de acordo com o tempo em que o acionador permanece na posição ligada.

Os intervalos de tempo que fazem parte da configuração dos estados involuntário, curto ou longo são ajustados de acordo com a necessidade de cada usuário da PCA. Além disso, o usuário tem a opção de selecionar o método de navegação entre o de varredura ou o de seleção direta.

### 6.2.2 Layout

Esta subseção apresenta a organização do *layout* da PCA proposta e o mapa de navegação entre as diversas telas do sistema. O mecanismo de navegação usado na PCA é configurado pelo usuário. O usuário pode escolher a navegação por varredura ou por seleção direta. A tela inicial da PCA é mostrada na Figura 6.1.

Figura 6.1 – Tela inicial da Prancha de Comunicação Alternativa proposta neste trabalho

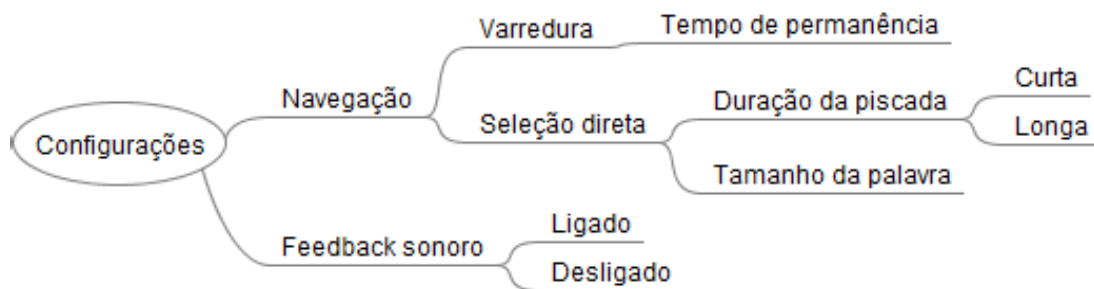


Fonte: Elaborada pelo autor

No lado direito da barra de título da janela o usuário pode acessar a opção de configura-

ções. Nas configurações são ajustados o método de navegação e os seus parâmetros. No método de navegação por varredura é configurado o tempo de permanência em milissegundos. Para o método de seleção direta são configuradas a duração das piscadas curtas e longas e o tamanho da palavra. A Figura 6.2 mostra um esquema com as configurações disponíveis para o usuário.

Figura 6.2 – Configurações disponíveis para a customização da PCA



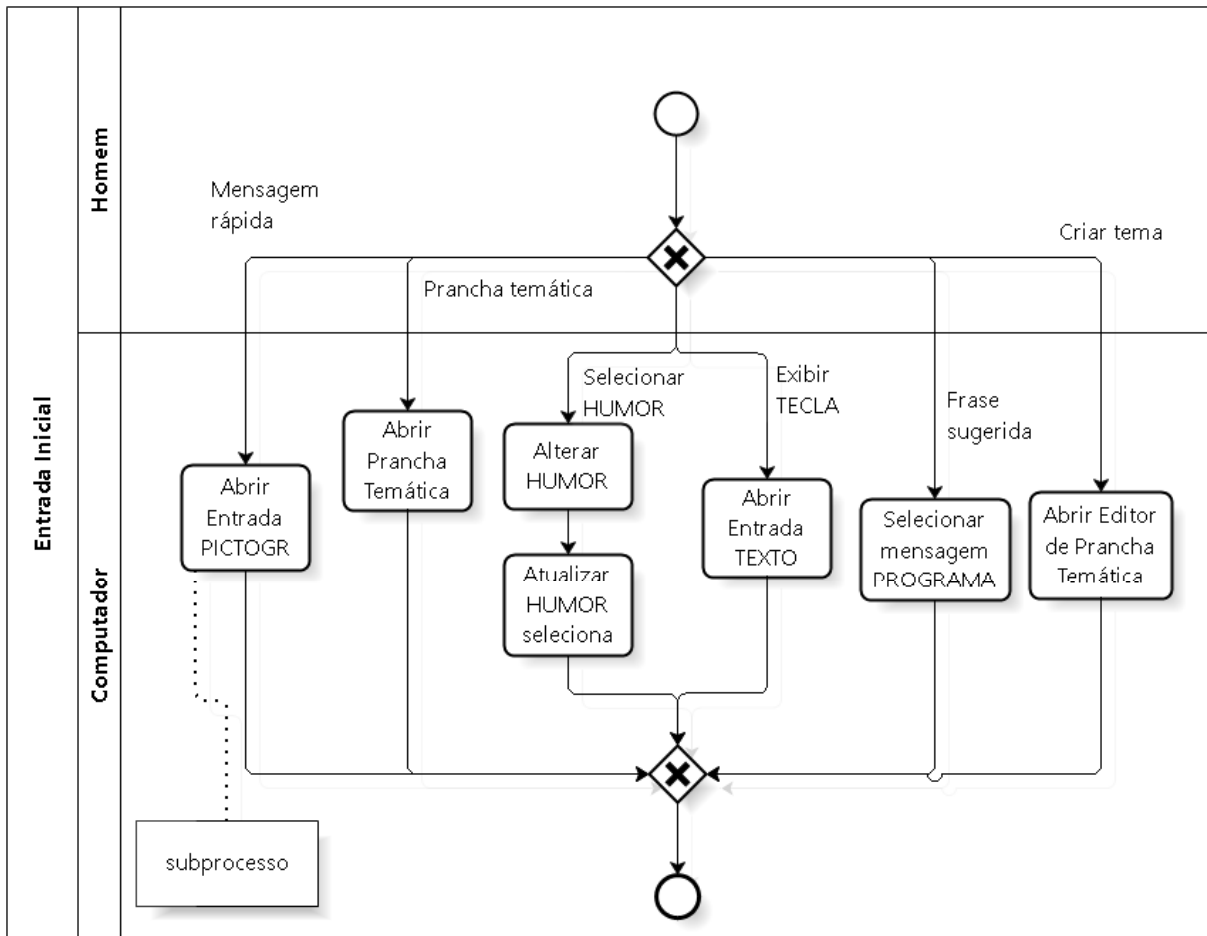
Fonte: Elaborada pelo autor

Nas opções situadas no lado esquerdo da tela, o usuário pode escolher navegar para uma prancha temática pré estabelecida ou elaborar um novo tema. Pode-se abrir o editor de mensagens rápidas que utiliza pictogramas ou exibe o teclado virtual para a escrita de um texto formal.

Na região superior da tela o usuário pode indicar o seu estado de humor atual. A região **gostaria de dizer algo?** apresenta a sugestão de algumas frases de acordo com o horário do dia, o humor do usuário e o histórico de mensagens formuladas pelo paciente.

A Figura 6.3 mostra o fluxo de processos relacionados às possíveis opções de entrada da tela inicial e qual é a ação que acontece após a seleção dessas opções.

Figura 6.3 – Fluxo de processo da tela inicial



Fonte: Elaborada pelo autor

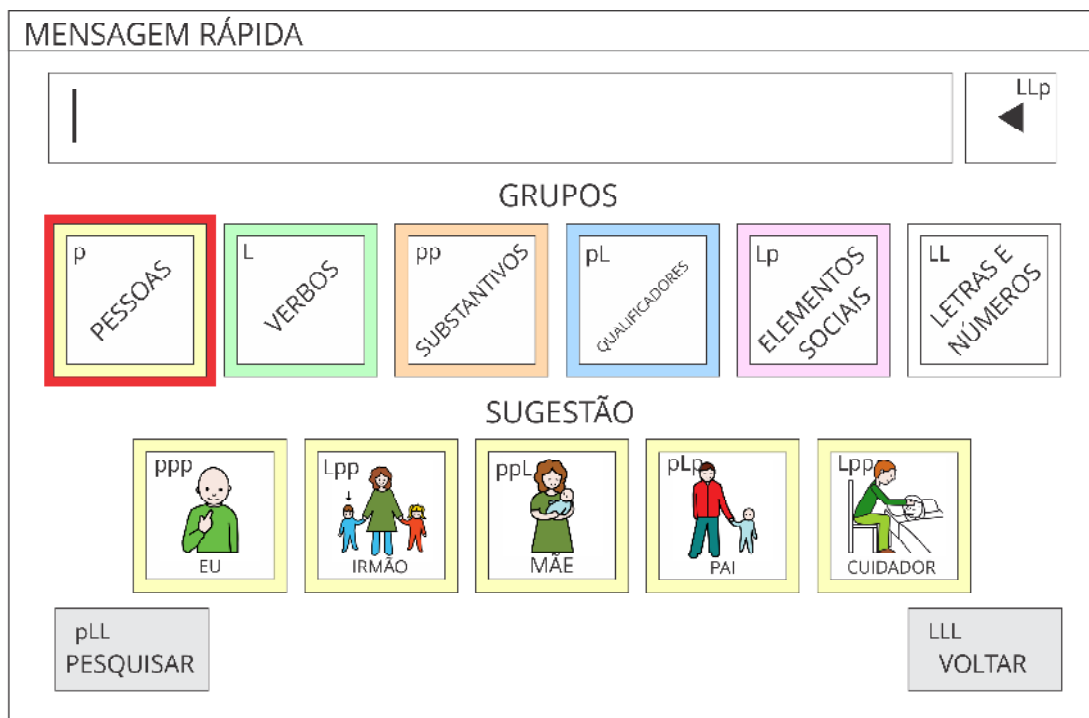
A simbologia utilizada no processo de comunicação usa pictogramas ou textos conforme a necessidade do usuário. Cada um desses meios de comunicação possuem interfaces diferentes e técnicas para otimizar a performance de entrada de dados.

### 6.2.3 Comunicação por pictogramas

Quando o usuário deseja comunicar-se diretamente com outra pessoa de forma rápida, ele utiliza a comunicação por pictogramas. Essa forma de comunicação consiste em elaborar uma frase direta que expressa uma ação, uma necessidade ou um sentimento. Essas frases são compostas por um pequeno grupo de pictogramas.

A opção de **Mensagem Rápida** direciona o usuário para o editor de mensagens que usa pictogramas. A Figura 6.4 mostra a tela inicial do editor de mensagens rápidas.

Figura 6.4 – Editor de mensagens rápidas

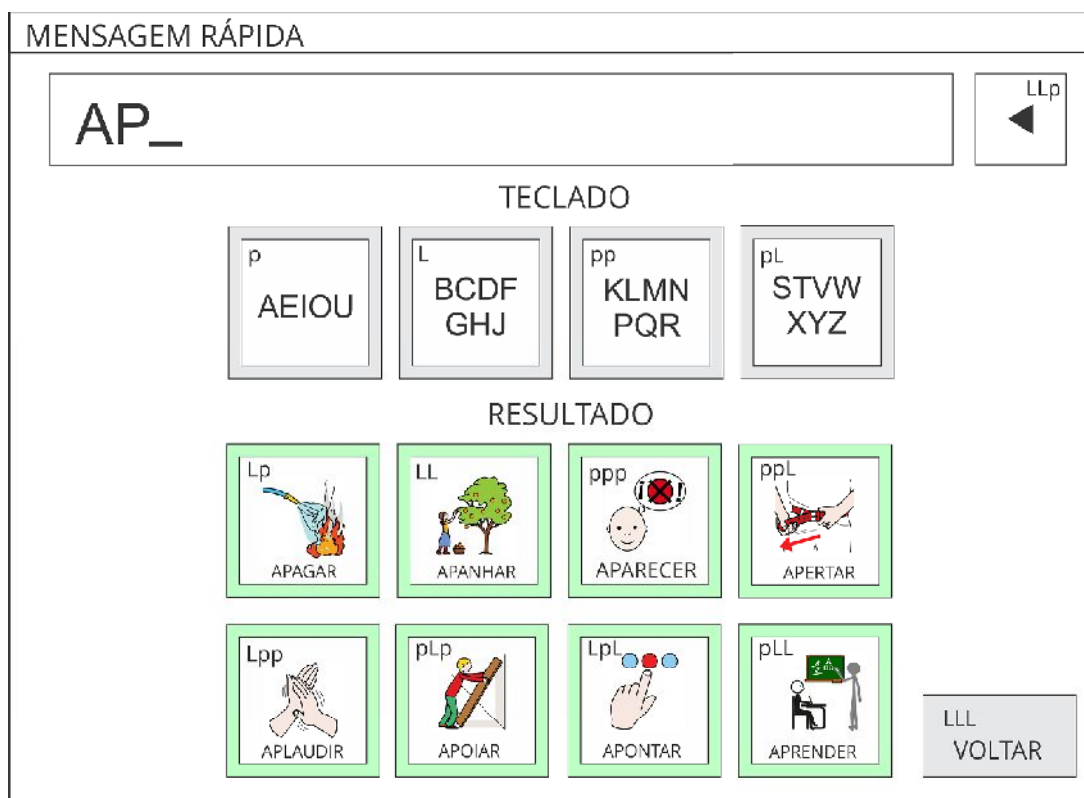


Fonte: Elaborada pelo autor

Na parte superior da tela está a barra de texto e o botão de apagar palavra. Para inserir um pictograma o usuário precisa selecionar um grupo e com isso a lista de sugestões é carregada de acordo com o grupo selecionado. Se o pictograma desejado não estiver na lista de sugestões o usuário deve escolher a opção **Pesquisar**. Após o usuário selecionar um pictograma o sistema define um outro grupo de pictogramas automaticamente de acordo com os algoritmos de sugestão de grupos descritos na seção 6.2.5.3.

A tela de pesquisa de pictogramas permite que o usuário escolha o pictograma desejado em uma lista de sugestões ou pesquise pelo texto do rótulo do pictograma. A Figura 6.5 mostra o *layout* da tela de pesquisa do pictograma. Nesse exemplo é apresentada a tela de busca para o grupo dos verbos e o teclado virtual utilizado para realizar a busca pelo rótulo do pictograma. O resultado da busca corresponde à pesquisa parcial realizada após a entrada de texto digitada no teclado virtual.

Figura 6.5 – Tela de pesquisa de pictogramas



Fonte: Elaborada pelo autor

Inicialmente, a PCA é configurada com o tamanho da palavra para a seleção direta igual a três. Esse tamanho da palavra permite até quatorze combinações de piscadas. A quantidade de elementos da lista de sugestões/resultado variam de acordo com a quantidade de combinações obtidas pelo tamanho da palavra. Por exemplo, uma palavra de tamanho quatro possibilita até trinta combinações de piscadas. No exemplo da Figura 6.5 a lista de resultados teria vinte e oito pictogramas.

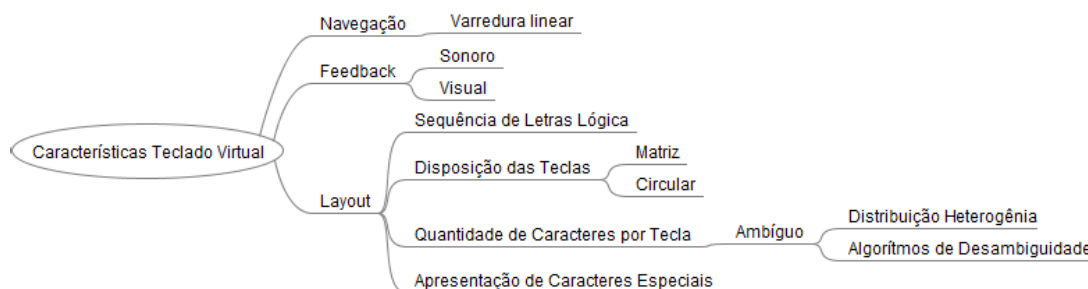
Na Figura 6.5 observa-se que as telas possuem elementos fixos como o botão **voltar** e o botão **backspace**. O conteúdo variável das interfaces gráficas correspondem às listas de sugestões/pesquisa. Esse conteúdo é preenchido conforme a disponibilidade de combinações de piscadas que não foram associadas aos elementos fixos.

O mecanismo de comunicação por pictograma funciona basicamente como ações de pesquisa e seleção dos elementos. Para uma PCA mais eficaz é necessário minimizar a quantidade de ações para a seleção dos pictogramas. Os métodos de sugestão de conteúdo usados nesta PCA para a comunicação por pictogramas são apresentados na seção 6.2.5.

### 6.2.4 Comunicação utilizando teclado virtual

Para a escrita de textos formais foi integrada à PCA o teclado virtual assistivo proposto por Gomide et al. (2016). Este trabalho identificou uma configuração otimizada para a definição de teclados virtuais para pessoas com SE. A Figura 6.6 apresenta o modelo com as características desse teclado virtual.

Figura 6.6 – Características do teclado virtual assistivo



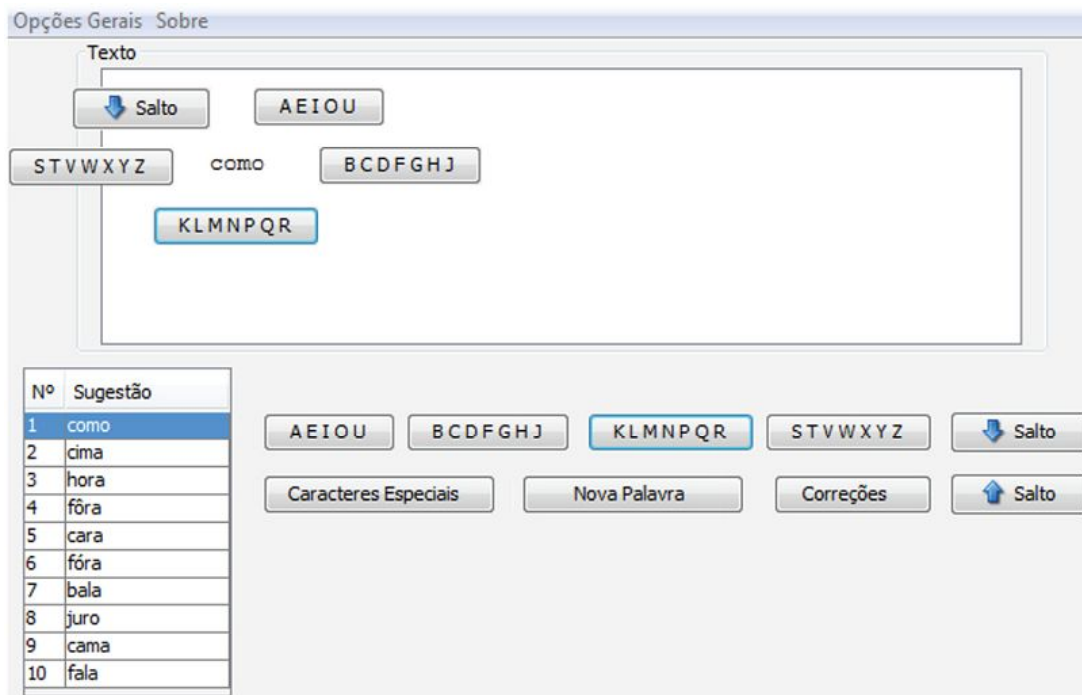
Fonte: Adaptado de Gomide et al. (2016)

Esse teclado foi projetado para otimizar a performance de digitação do usuário minimizando o número de ações para a escrita de um texto. A abordagem de organizar a quantidade de caracteres por tecla de forma ambígua reduzem a interação entre o usuário e o teclado (GUERRIER et al., 2011).

As letras do alfabeto foram agrupadas em quatro teclas. Os testes realizados no trabalho de Gomide et al. (2016) mostraram que essa quantidade foi a ideal para assegurar uma boa relação entre a performance e o nível de ambiguidade do texto digitado. Além disso, o teclado possui um algoritmo de desambiguidade que utiliza o vocabulário e o modo de escrita do usuário. Finalmente, esse teclado virtual possui uma metodologia evolutiva que adapta o teclado de acordo com o vocabulário e o modo de escrita do usuário. Após o início da digitação de uma palavra o teclado apresenta uma lista de sugestões elaborada a partir de técnicas de predição de palavras.

A Figura 6.7 ilustra o *layout* do teclado virtual assistivo desenvolvido por Gomide et al. (2016).

Figura 6.7 – Layout do teclado virtual assistivo



Fonte: (GOMIDE et al., 2016)

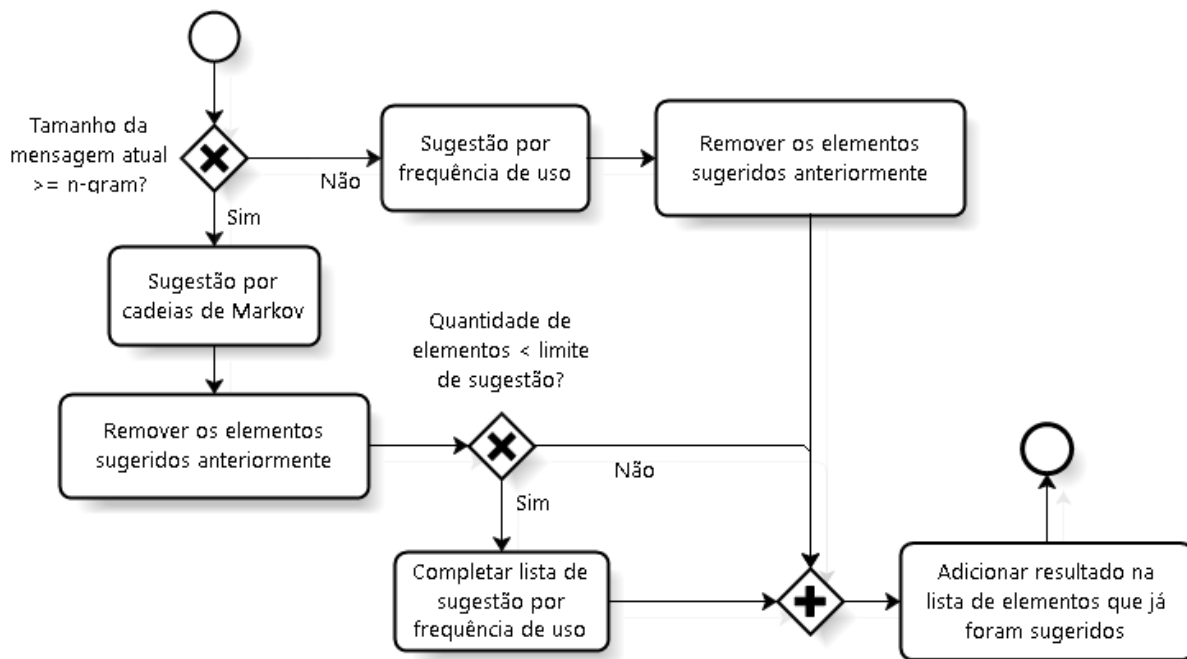
### 6.2.5 Técnicas de sugestão de conteúdo

No Capítulo 5 foram apresentadas as técnicas de sugestão de conteúdos utilizadas na PCA deste trabalho. O processo de sugestão ocorre durante a composição da mensagem pictográfica.

#### 6.2.5.1 Método de sugestão híbrido

O método de sugestão híbrido proposto neste trabalho possui as características dos métodos de frequência de uso e das cadeias de Markov. A Figura 6.8 mostra o diagrama que ilustra a lógica do método proposto.

Figura 6.8 – Lógica do método de sugestão de conteúdo híbrido



Fonte: Elaborada pelo autor

O método proposto utiliza o método da frequência de uso quando o tamanho da mensagem em composição não possui o tamanho mínimo do *n-gram* configurado para a cadeia de Markov. Além disso, quando é necessário usar o pictograma no teclado virtual, é criada uma lista dos elementos que já foram sugeridos. Assim, é verificado se todo elemento sugerido está nessa lista, caso esteja, o elemento é descartado da lista de sugestão.

O método de cadeias de Markov é executado a partir do momento em que a mensagem composta possui o tamanho mínimo de um *n-gram*. Após carregar a lista de sugestão, os elementos são filtrados de acordo com o histórico dos elementos que já foram sugeridos durante a busca. Se a quantidade de elementos da lista de sugestão for menor do que o limite de pictogramas que podem ser exibidos na tela, é executado o método de sugestão por frequência de uso para completar a lista de sugestão.

Finalmente, os itens sugeridos são adicionados no histórico de elementos que já foram sugeridos. Se o pictograma que o usuário deseja está na lista de sugestão, o histórico de sugestão é apagado e o processo de execução do método híbrido fica pronto para executar uma nova sugestão.

Assim, o método de sugestão de pictogramas é dividido em duas etapas. Primeiro, ocorre a sugestão dos grupos dos pictogramas e, em seguida, a sugestão do pictograma vinculado ao grupo selecionado.



### 6.2.5.2 Filtragem de conteúdo de acordo com o contexto

O esquema de configuração para a garantia da integridade das mensagens apresentadas na seção 5.5 é utilizado de acordo com a seleção do contexto na tela principal da PCA. Após a seleção do conteúdo o dicionário de pictogramas é adaptado ao contexto escolhido. Assim, os métodos de sugestão usam apenas os pictogramas correspondentes ao contexto selecionado.

Se for necessário inserir um pictograma que não está vinculado a lista do contexto, o usuário utilizará a busca de pictogramas. A configuração do conteúdo é realizada por um arquivo de texto que possui as recomendações da CBML proposta por Franco et al. (2014).

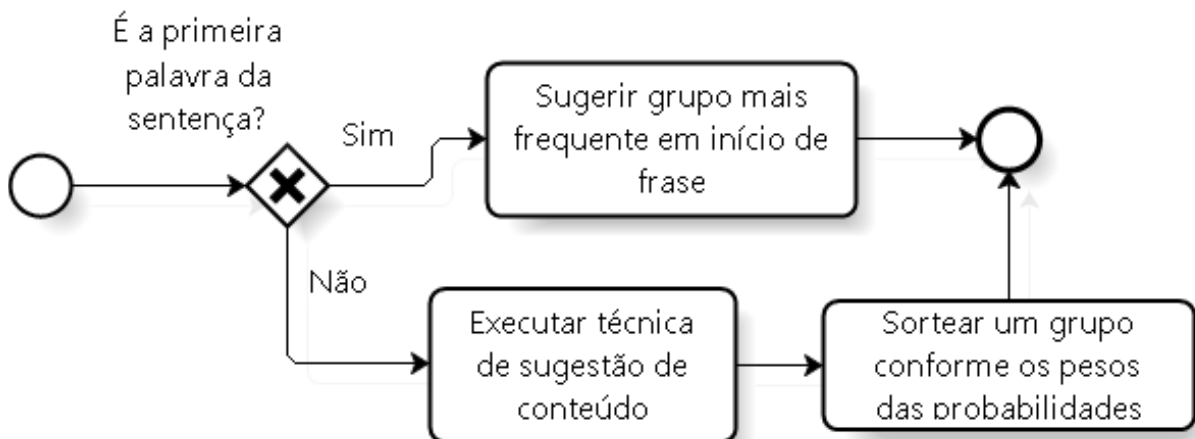
### 6.2.5.3 Sugestão de Grupos

A sugestão de grupos é realizada conforme a aplicação das técnicas de sugestão de conteúdo. Os dados utilizados no processamento dos algoritmos correspondem ao histórico das mensagens que foram construídas pelo usuário. Para evitar o problema de inicialização é usado um texto padrão para o processamento inicial dos algoritmos.

Dependendo da técnica de sugestão escolhida existe a possibilidade de utilizar *n-grams* para a sugestão de grupos, pois cada pessoa possui uma sequência lógica para a elaboração de frases. Além disso, as pessoas estão restritas a apenas seis grupos de pictogramas (GARCIA; OLIVEIRA; MATOS, 2015). Os testes propostos no capítulo 7 apresentam os resultados para uma configuração mais adequada do algoritmo de sugestão de grupos.

A Figura 6.9 ilustra o funcionamento do algoritmo de sugestão de grupos. Se a primeira opção sugerida não for a esperada pelo usuário, ele poderá alterar a seleção do pictograma. Esse processo de seleção é simples e não tem necessidade de usar a busca por palavra.

Figura 6.9 – Funcionamento do algoritmo de sugestão de grupo



Quando o usuário inicia uma frase o primeiro grupo a ser sugerido é o grupo mais frequente conforme o histórico das mensagens elaboradas. Esse grupo é sugerido de acordo com a lista ordenada apresentando os grupos mais prováveis a partir do segundo pictograma da mensagem.

Esse processo de sugestão de grupos ocorre quando uma nova mensagem começa a ser elaborada ou depois que o usuário seleciona um pictograma. A sugestão do grupo é mostrada na interface na forma de seleção. Assim, o grupo sugerido fica ativo depois que o processo de sugestão é executado. Por exemplo, considerando que o usuário escolheu o pictograma do grupo **Pessoas** e a saída do algoritmo de sugestão é o grupo **Qualificadores**. No momento em que for escolhido o pictograma do grupo **Pessoas**, o grupo **Qualificadores** é selecionado de forma automática.

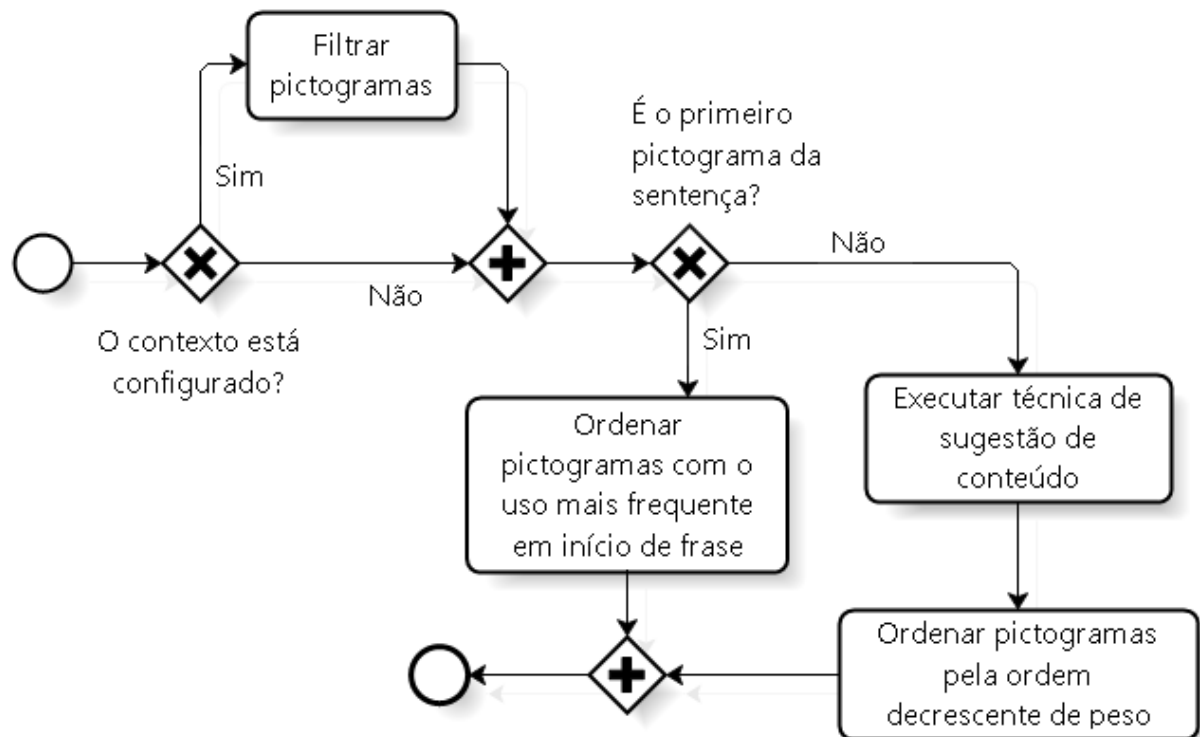
#### 6.2.5.4 Sugestão de Pictogramas

O processo de sugestão de pictogramas ocorre depois que o usuário escolhe o grupo. A seleção do grupo estabelece a filtragem na base de dados de pictogramas. Essa restrição de pictogramas possibilita que o usuário escolha apenas os pictogramas pertencentes ao grupo selecionado nos métodos de sugestão de conteúdo.

Além disso, a lista de pictogramas pertencentes ao grupo selecionado pode ser filtrada caso exista alguma configuração relacionada ao contexto do ambiente da conversa. Essa configuração é realizada utilizando um arquivo de texto formatado nos padrões da CBML definido por Franco et al. (2014).

A Figura 6.10 apresenta o fluxo do processo do algoritmo de sugestão de pictogramas.

Figura 6.10 – Funcionamento do algoritmo de sugestão de pictogramas



Fonte: Elaborada pelo autor

Inicialmente, o sistema analisa se existe uma configuração para o contexto selecionado. Se essa configuração existir a lista de pictogramas é filtrada conforme a configuração existente. Assim, é carregado na memória a lista de todos os pictogramas que fazem parte do universo dessa configuração.

O próximo passo do algoritmo é verificar se o pictograma a ser selecionado é o primeiro elemento da sentença. Se isso ocorrer, o sistema retorna para a lista de sugestão os pictogramas mais frequentes. Caso contrário, é executado o algoritmo de sugestão de conteúdo utilizando os pictogramas anteriores como informações de entrada. Em seguida, o sistema elabora uma lista de pictogramas ordenados em ordem decrescente de probabilidade.

Finalmente, o sistema apresenta na interface gráfica a lista de pictogramas relacionados ao conjunto de elementos sugeridos de acordo com os critérios que foram descritos. Assim, a interface ilustrada na Figura 6.4 é apresentada ao usuário. A lista de pictogramas sugeridos aparece na parte inferior da tela após ocorrer a seleção do grupo.

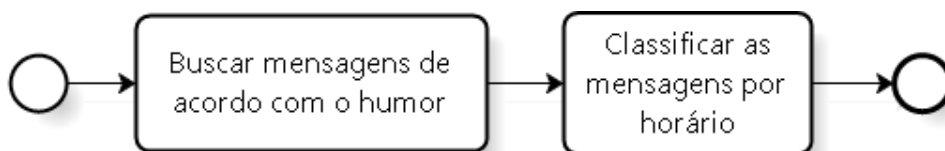
### 6.2.5.5 Frases mais utilizadas

O histórico de todas as mensagens pictográficas redigidas pelo usuário é armazenado com a finalidade de fornecer dados para os algoritmos de sugestão. Além disso, nas sugestões iniciais o sistema usa as frases mais utilizadas pelos usuários. Esse processo aumenta a performance de comunicação do usuário, pois as ações que fazem parte da rotina diária de uma pessoa com SE são fatores temporais. Por exemplo, a administração de alguma medicação ou o horário para a pessoa se alimentar (CASSEMIRO; ARCE, 2004). Assim, essa técnica permite que o usuário selecione de forma otimizada as ações relacionadas a sua rotina diária.

Além do fator temporal o humor do paciente pode influenciar nas mensagens relacionadas a sua rotina. Por exemplo, se um paciente acordar feliz ele pode decidir assistir um filme sobre comédia ao invés de ler um livro. Portanto, os horários e o humor do usuário são vinculados às mensagens armazenadas. Assim, as frases prontas apresentadas na Figura 6.1 são sugeridas de acordo com o horário em que a tela é iniciada e conforme o humor que o usuário marcou.

A Figura 6.11 apresenta o fluxo do processo do algoritmo de sugestão de frases prontas.

Figura 6.11 – Funcionamento do algoritmo de sugestão de frases



Fonte: Elaborada pelo autor

## 6.3 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a PCA desenvolvida neste trabalho. O mecanismo de interação utiliza como dispositivo de entrada de dados qualquer dispositivo que tenha a função de acionamento.

Os modos de navegação na interface gráfica da PCA proposta neste trabalho são os métodos de varredura e seleção direta. A técnica de varredura utiliza o acionamento como mecanismo de seleção. O método de seleção direta usa um conjunto de acionamentos como forma de seleção. Nesse método, cada combinação de acionamentos curtos e longos correspondem a uma opção específica da interface gráfica.

Neste capítulo foram apresentados os recursos implementados na PCA e a estrutura de navegação entre as telas do sistema. O usuário pode escolher entre utilizar um teclado virtual

para a escrita de textos formais ou pictogramas para redigir mensagens rápidas.

O teclado virtual usado na PCA foi adaptado do trabalho de Gomide et al. (2016). Esse teclado possui características que facilitam a performance de entrada de texto. O sistema de comunicação pictográfico é auxiliado pelos algoritmos de sugestão de conteúdo apresentados no Capítulo 5.

O próximo capítulo descreve os testes de performance na escrita de mensagens pictográficas. A interpretação do resultado dos testes mostra se existe viabilidade na aplicação de algoritmos de sugestão de conteúdo para esse tipo de sistema e apresenta a melhor configuração para os algoritmos de sugestão.

# CAPÍTULO 7

## *METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS*

### 7.1 Introdução

Este capítulo apresenta o experimento que avalia as técnicas de sugestão de conteúdo. O objetivo desse experimento é comparar as técnicas de sugestão propostas neste trabalho. A finalidade dessas comparações é avaliar o esforço necessário para que o usuário escreva uma mensagem pictográfica.

Além disso, neste capítulo é apresentado o protocolo de planejamento, a execução e os resultados desse experimento. O protocolo do experimento apresentado neste capítulo foi definido de acordo com as recomendações descritas por Wohlin et al. (2012).

### 7.2 Protocolo do Experimento

Esta seção descreve o planejamento do protocolo do experimento realizado neste trabalho. Nesta seção é apresentado o planejamento e a contextualização do problema. Além disso, são descritos os objetivos, as métricas e as análises relacionadas a esse experimento.

#### 7.2.1 Objetivos

Os objetivos deste experimento foram definidos de acordo com as orientações de Basili e Rombach (1988). A forma como Basili e Rombach (1988) estrutura os objetivos é mostrado na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Formato para a definição do objetivo proposto por Basili e Rombach (1988)

<b>Analisar a</b>	<Objetos de estudo>
<b>Com o propósito de</b>	<Propósito>
<b>No que diz respeito a</b>	<Ponto central da qualidade>
<b>Do ponto de vista da</b>	<Perspectiva>
<b>No contexto do</b>	<Contexto>

Finalmente, a Tabela 7.2 mostra o objetivo do experimento deste trabalho segundo Basili e Rombach (1988).

Tabela 7.2 – Definição dos objetivos deste experimento

<b>Analisar a</b>	a sugestão de pictogramas na elaboração das mensagens baseadas no sistema Pictogramas Ideogramas para a Comunicação
<b>Com o propósito de</b>	avaliar
<b>No que diz respeito a</b>	redução do esforço de seleção de pictogramas
<b>Do ponto de vista do</b>	pesquisador
<b>No contexto do</b>	desenvolvimento de Pranchas de Comunicação Alternativa para pessoas com Síndrome do Encarceramento.

### 7.2.2 Seleção do contexto

O contexto de um experimento está relacionado com o ambiente em que ele é realizado. Wohlin et al. (2012) classificaram o contexto do experimento em quatro dimensões:

1. On-line ou off-line;
2. Estudante ou profissionais;
3. Problema fictício ou problema real;
4. Específico ou geral.

O experimento executado neste trabalho foi orientado à tecnologia e realizado em um ambiente virtual. Esse experimento foi executado em um ambiente controlado caracterizando-o como *off-line*.

O problema desse experimento está relacionado ao esforço realizado para selecionar um conjunto de pictogramas em uma prancha de comunicação alternativa. Em um primeiro momento foi realizado um experimento no ambiente virtual para verificar as hipóteses relacionadas ao problema. Esse experimento inicial é fictício. Portanto, os sujeitos desse experimento são todos agentes virtuais. Isso impossibilita definir a dimensão de **estudantes ou profissionais**.

Após a realização e a validação dos testes de hipótese foi executado um experimento em ambiente controlado com sujeitos reais. O segundo experimento utilizou estudantes para simular um problema real.

### 7.2.3 Seleção das variáveis

Antes de projetar o experimento é necessário definir as variáveis dependentes e independentes. Essas variáveis são utilizadas e analisadas durante a execução do processo de teste das hipóteses. As variáveis independentes são aquelas que podem ser alteradas e controladas durante o experimento. O objetivo de modificar essas variáveis é alterar as variáveis dependentes.

A **variável independente** selecionada neste experimento é a **metodologia utilizada para a sugestão de pictogramas**. Essa metodologia possui quatro tratamentos: a abordagem tradicional da sugestão pela frequência de uso de pictogramas, a sugestão por cadeias de Markov, a sugestão por sistemas de recomendação e o uso da abordagem híbrida.

O método de sugestão de conteúdo nos trabalhos que utilizam predição de texto usam o corpus da linguagem como entrada para o processo de sugestão. Porém, neste experimento é utilizado a predição de pictogramas. Nesse tipo de predição o tamanho do corpus da linguagem é consideravelmente menor e é reduzido o número de agrupamentos por classes gramaticais. Dessa forma, esse experimento verifica a eficiência das técnicas de predição de pictogramas clássicas e a nova abordagem de predição desenvolvida neste trabalho.

Não foram identificados estudos significativos que analisassem a predição de pictogramas. Os métodos encontrados nesta pesquisa utilizavam a frequência de uso dos pictogramas. Este trabalho desenvolveu um método de predição híbrido que utiliza os elementos da frequência de uso e as cadeias de Markov.

A **variável dependente** é o **esforço para a seleção de pictogramas** necessário para elaborar uma mensagem. Esses pictogramas devem ser sugeridos de acordo com o sistema PIC. O valor dessa variável é obtido a partir da quantidade de ações necessárias para compor uma mensagem. A métrica usada para aferir o esforço é adaptada da métrica de Gestos por Caractere (GPC) (GOMIDE et al., 2016).

### 7.2.4 Formulação das hipóteses

A hipótese de um experimento é uma predição ou uma tentativa de afirmação sobre a relação entre as variáveis independentes. Ela é normalmente apresentada nas pesquisas quantitativas como a realizada neste trabalho (GIVEN, 2008). Existem dois tipos de hipóteses: nula e alternativa. A hipótese nula é aquela que o pesquisador deseja rejeitar com o maior nível de confiança possível. Enquanto, a hipótese alternativa é a aquela que é aceita se a hipótese nula for rejeitada.

As hipóteses deste experimento são:



- **Hipótese nula ( $H_0$ ):** O esforço para a seleção de pictogramas não depende do método de sugestão adotado.
- **Hipótese alternativa 1 ( $H_1$ ):** O esforço para compor as mensagens pictográficas depende do método de sugestão de conteúdo

O tipo de configuração adotado para o teste de hipótese é o de **um fator com mais de dois tratamentos**. O método de sugestão de pictogramas é a variável independente e os tratamentos são os métodos que foram comparados.

A execução do teste de hipótese permite validar a conclusão do experimento com mais segurança. Quando ocorre a rejeição da hipótese nula, pode-se afirmar que existe relação estatística entre o fator e os tratamentos, ou seja, não é uma mera casualidade a observação realizada a partir dos dados da execução do experimento.

### 7.2.5 Seleção dos sujeitos

Wohlin et al. (2012) caracterizaram a seleção de sujeitos como amostragem. Os sujeitos deste experimento seriam pessoas com graves restrições motoras, como por exemplo, pessoas com a SE. Entretanto, realizar a validação da metodologia proposta em um ambiente clínico levaria um tempo considerável.

Para realizar este experimento com pacientes reais a PCA proposta neste trabalho deveria ser implementada. Posteriormente, seriam identificadas as pessoas com SE que poderiam ser voluntárias para os testes na PCA proposta. Assim, essas pessoas deveriam ser acompanhadas durante a utilização da PCA por um período de tempo. No decorrer do processo de acompanhamento seria coletada uma quantidade significativa de dados para a avaliação da metodologia proposta.

Devido a essas restrições, para mostrar a efetividade dos métodos de sugestão de pictogramas, a execução do experimento foi realizada em duas abordagens. A primeira abordagem usou um método para simular um sujeito real. A segunda abordagem utilizou 20 pessoas voluntárias que não possuíam nenhum tipo de deficiência motora e cognitiva, letrada e com experiência em operação de computadores.

#### 7.2.5.1 Sujeitos simulados

Para os sujeitos simulados foi usado como fonte de entrada textos escritos por pessoas com SE. Esses textos foram extraídos de *blogs* disponíveis na internet escritos por pessoas com SE. Assim, cada autor de *blog* representa um sujeito. Dessa maneira este experimento

preserva a forma de escrever e o vocabulário de cada sujeito. A relação dos *blogs* utilizados neste experimento é mostrada na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Relação dos *blogs* utilizados no experimento

Autor	Blog	Endereço
A	Esclerosando com a esclerose	<a href="http://esclerosando.blogspot.com.br/">http://esclerosando.blogspot.com.br/</a>
B	Esclerose múltipla e eu	<a href="http://esclerosemultiplaeu.blogspot.com.br/">http://esclerosemultiplaeu.blogspot.com.br/</a>
C	Eu e ELA, ELA e eu	<a href="http://daninepomuceno.blogspot.com.br/">http://daninepomuceno.blogspot.com.br/</a>
D	Falando sobre ELA	<a href="http://falandosobreela.blogspot.com.br/">http://falandosobreela.blogspot.com.br/</a>
E	Em busca da Cura de Esclerose Múltipla	<a href="https://curadaesclerosemultipla.blogspot.com.br/">https://curadaesclerosemultipla.blogspot.com.br/</a>

Para cada *blog* foi adotado uma sigla para a identificação dos autores com a finalidade de facilitar a análise dos dados apresentados na seção 7.4.

#### 7.2.5.2 Sujeitos reais

Para a execução da coleta dos dados foram convidadas 20 pessoas voluntárias para fazer parte do experimento. Os critérios para a escolha dessas pessoas foram:

- Pessoas letradas;
- Possuir experiência operacional em computadores pessoais;
- Possuir controle motor para operar o teclado de um computador pessoal.

A subseção 7.3.4.2 descreve a metodologia utilizada para a coleta dos dados.

#### 7.2.6 Projeto do experimento

Conforme discutido na seção 7.2.4, a análise estatística permite elaborar conclusões mais abrangentes de um experimento. Para atingir esse objetivo, é importante que o experimento seja projetado corretamente, pois o teste estatístico utilizado depende diretamente das particularidades do projeto executado (WOHLIN et al., 2012). O projeto desse experimento é configurado como **um fator e mais do que dois tratamentos**.

O modo mais comum de fazer essa comparação é analisar a variável dependente de acordo com o método aplicado. Assim, para a simulação optou-se por utilizar a comparação em **blocos completos**. Esse tipo de estratégia de comparação aplica os tratamentos para todos os sujeitos sempre na mesma ordem.

No experimento com sujeitos reais foi utilizada a configuração por **blocos incompletos**. Esse tipo de configuração consiste em aplicar um tratamento específico para cada sujeito.

### 7.2.7 Instrumentação

Para a execução do experimento foi utilizado um computador e um *software* codificado na linguagem de programação Java com as metodologias de sugestão de conteúdo. A configuração do computador utilizado foi: memória RAM de 8GB, processador Intel I7 com 4 núcleos de processamento e o sistema operacional Windows 10.

### 7.2.8 Métricas

A finalidade da métrica adotada no experimento proposto é auxiliar a análise dos dados e o teste de hipótese. Para os resultados dos experimentos realizados neste trabalho foram utilizados como métricas o **esforço para a seleção de um pictograma** e o **esforço médio para a composição de um texto pictográfico**. Os quadros a seguir apresentam os detalhes dessas métricas.

**Número da métrica: 1****Nome:** Esforço para a seleção de um pictograma**Objetivo:** Quantificar o esforço necessário para selecionar um pictograma  $p$  na prancha de comunicação alternativa**Forma de coleta:**

1. Se o pictograma  $p$  estiver na lista de sugestão inicial, a função retorna a quantidade de interações igual a 1.
2. Se for necessário selecionar um grupo de pictogramas diferente do que está selecionado ( $f_g$ ) é somado 1 à quantidade de interações entre o usuário e o sistema.
3. Se após a alteração do grupo e o pictograma  $p$  estiver na lista de sugestão, então é somado mais 1 à quantidade de interações entre o usuário e o sistema.
4. Caso contrário é somado 1 à quantidade de interações para acionar a pesquisa por palavras. Nesta situação o usuário utilizará o teclado virtual para buscar por um pictograma específico.
  - a) A cada interação entre o usuário e o teclado virtual é somado 1 à quantidade de interações. Essa quantidade será incrementada ( $f_t$ ) até que o pictograma desejado apareça na lista de busca.
  - b) Incrementar em 1 a quantidade de interações. Esse incremento corresponde a ação para selecionar o pictograma  $p$ .

**Equação da métrica:**

$$f_p(p) = \begin{cases} f_g(p) + 1, & \text{se } p \text{ está na lista de sugestão de algum grupo de pictogramas} \\ f_g(p) + f_t(p) + 2, & \text{se } p \text{ não está na lista de sugestão} \end{cases} \quad (7.1)$$

em que:  $p$  é o pictograma analisado,  $f_g$  determina o esforço para selecionar um grupo de pictogramas e  $f_t$  é a quantidade de interações no teclado virtual para localizar o pictograma  $p$ .

**Tipo de escala:** racional**Forma de interpretação:** O valor obtido em  $f_p$  é diretamente proporcional ao esforço para selecionar um pictograma

A segunda métrica analisa o esforço médio para a digitação de um texto pictográfico. Essa métrica utiliza a função descrita na Equação (7.1) para cada pictograma da mensagem que será estruturada.

**Número da métrica:** 2

**Nome:** Esforço médio para a composição de uma mensagem pictográfica

**Objetivo:** Quantificar o esforço médio necessário para compor uma mensagem pictográfica.

**Forma de coleta:**

1. Aplicar a Equação (7.1) definida na Métrica 1 para todos os pictogramas da mensagem ( $f_m(m)$ ).

**Equação da métrica:**

$$f_m(m) = \frac{\sum_{i=1}^n f_c(m_i)}{n} \quad (7.2)$$

em que:  $m$  é a mensagem pictográfica e  $n$  é o número de pictogramas que a mensagem possui.

**Tipo de escala:** racional

**Forma de interpretação:** O valor obtido em  $f_m$  corresponde ao esforço médio para a seleção de cada pictograma de um texto pictográfico

### 7.2.9 Planejamento da análise dos dados

O uso da estatística descritiva na análise dos dados tornam as conclusões dos experimentos mais robustas (WOHLIN et al., 2012). Os dados obtidos na saída das coletas correspondem aos resultados da primeira métrica. A segunda métrica foi calculada de acordo com cada pictograma dos textos utilizados como entrada de dados do experimento.

As saídas foram agrupadas de acordo com os tratamentos e os sujeitos de estudo. O teste de hipótese para a característica desse estudo foi executado e foram gerados gráficos comparativos entre os quatro tratamentos.

Para o experimento realizado neste trabalho optou-se por utilizar o teste de comparações múltiplas ANalysis Of VAriance (ANOVA). Esse teste de hipótese é indicado quando ocorre um fator com mais do que dois tratamentos (WOHLIN et al., 2012).

Após a execução do teste de rejeição da hipótese nula foi realizada uma análise qualitativa das informações. Essa análise foi executada a partir de uma discussão sobre as métricas do experimento e a estatística descritiva dos dados de saída.

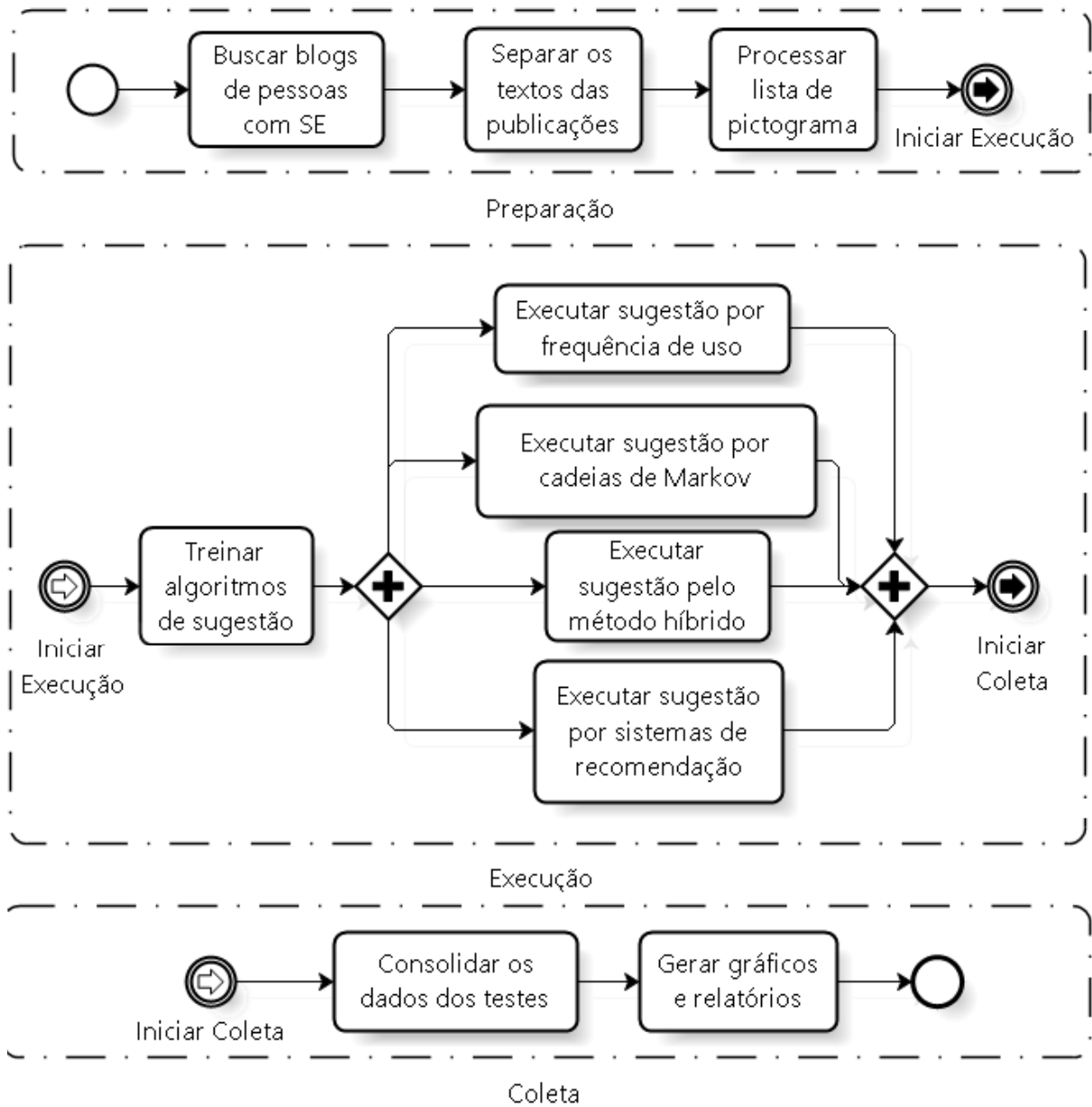
## 7.3 Relato Operacional do Experimento

### 7.3.1 Execução do experimento

Para a execução deste experimento foi desenvolvido um *software* específico para a simulação e para a coleta dos dados com sujeitos reais. As informações de entrada do *software* de simulação é uma sequência de frases que utilizam o sistema PIC. Esse software calcula o esforço para a composição das mensagens para cada método de sugestão de conteúdo. Para analisar os resultados, as informações geradas pelo sistema foram armazenadas em arquivos de texto.

O processo de execução do experimento proposto neste capítulo é dividido nas etapas de preparação, execução e coleta das informações. A Figura 7.1 mostra o diagrama com as atividades de todas essas etapas.

Figura 7.1 – Detalhamento das etapas do experimento



Fonte: Elaborada pelo autor

As etapas do experimento foram divididas em fases de **preparação**, de **execução** e de **coleta**. O experimento realizado com sujeitos reais utiliza os mesmos princípios para as fases de **preparação** e de **coleta**, diferenciando-se na fase de **execução**. Essas etapas são descritas com mais detalhes nas próximas subseções.

### 7.3.2 Preparação

O objetivo da etapa de preparação é separar e adequar as informações de entrada para o experimento. Essas informações são compostas pelos textos das publicações dos *blogs* relacionados na Tabela 7.3 e pelos pictogramas descritos na lista disponibilizada em ARASAAC (2016).

#### 7.3.2.1 Processamento dos textos

A atividade **buscar blogs de pessoas com SE** foi realizada utilizando o serviço de busca do Google (GOOGLE, 2016). As consultas realizadas nesse mecanismo foram executadas de forma manual usando os termos de busca “*blog ela esclerose*”. O objetivo dessa busca foi identificar autores que possuíssem SE e publicassem textos na internet.

A partir do resultado da busca foram analisados os *blogs* disponíveis na internet que são atualizados por pessoas com SE. Ao todo foram identificados cinco blogs. Após encontrar esses *blogs* foi executada a tarefa de **separar o texto das publicações**. Para a execução dessa tarefa foi desenvolvido um programa que extrai o conteúdo útil das publicações e armazena esse conteúdo em arquivos de texto.

A Tabela 7.4 mostra a contagem do número de publicações, do número de palavras e a média de palavras por publicação para os arquivos de texto de cada *blog* analisado.

Tabela 7.4 – Número de publicações, total de palavras e média das palavras por publicação de cada autor analisado

Autor	Número de publicações	Total de palavras	Média de palavras por publicação
A	118	34.051	289
B	334	224.532	672
C	59	27.058	459
D	357	212.496	595
E	86	19.602	228

Esses arquivos de texto foram utilizados como entrada de dados para os testes das técnicas de sugestão de conteúdo.

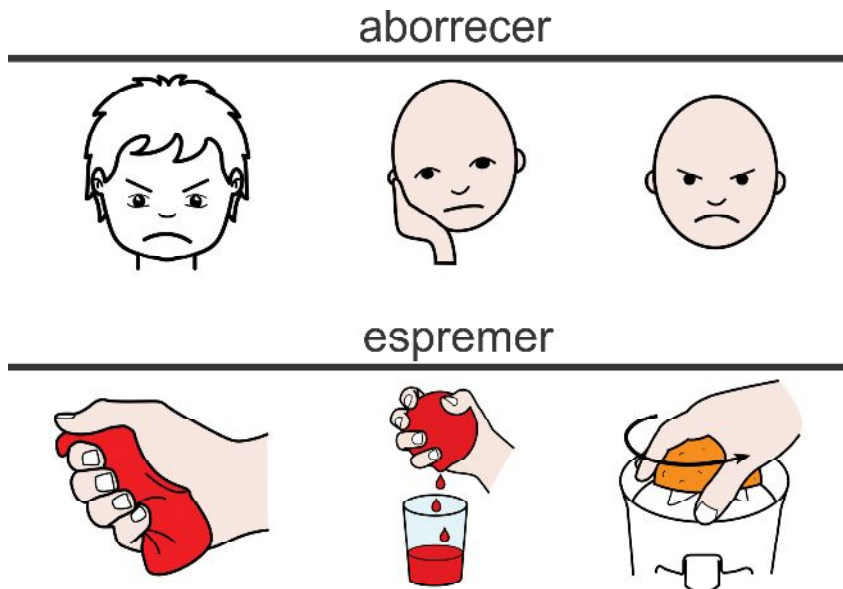
#### 7.3.2.2 Processamento dos pictogramas

Os pictogramas utilizados no experimento foram obtidos na base de dados disponível no Portal Aragonés de Comunicação Aumentativa e Alternativa (ARASAAC, 2016). O pacote possui 13.013 arquivos de pictogramas, porém alguns pictogramas são ambíguos, pois possuem



o mesmo rótulo com imagens diferentes. A Figura 7.2 ilustra o exemplo da ambiguidade dos pictogramas com os rótulos **aborrecer** e **espremer**, respectivamente.

Figura 7.2 – Exemplo de pictogramas ambíguos para os termos aborrecer e espremer



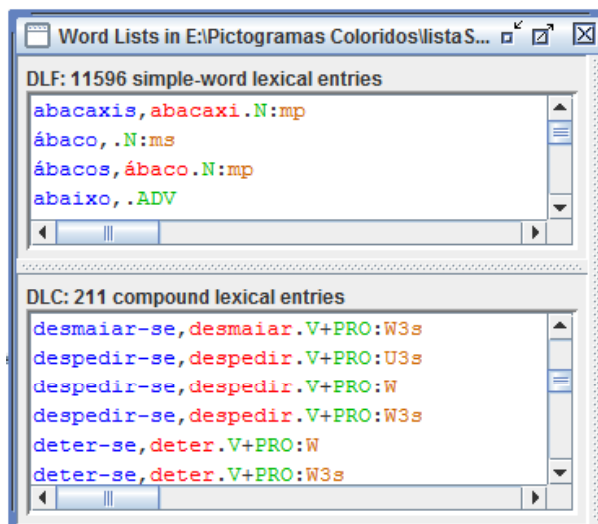
Fonte: Elaborada pelo autor

A primeira atividade para a preparação dos pictogramas foi remover os elementos ambíguos. Foi executado um algoritmo para considerar apenas a primeira ocorrência dos pictogramas que possuem ambiguidade. Assim, a quantidade de pictogramas aproveitados diminuiu para 10.526 elementos.

Essa base de pictogramas não possui nenhuma informação sobre as categorias gramaticais dos seus elementos. Assim, para usar esses pictogramas no experimento foi necessário categorizar gramaticalmente cada um deles. Entretanto, a quantidade de pictogramas era alta para realizar essa classificação de forma manual. Portanto, foi necessário utilizar um processo de categorização automático. Para executar esse processo foi usado o *software* de Processamento de Linguagem Natural (PLN) Unitex/GramLab 3.1 (UNITEX, 2016).

O Unitex possui suporte para o idioma português do Brasil. Uma de suas funcionalidades é mostrar a classe gramatical de cada palavra presente em um arquivo de texto. Assim, foi criado um arquivo de texto com a lista dos pictogramas. Finalmente, esse arquivo foi carregado no Unitex. A Figura 7.3 mostra a tela do Unitex executando o processo de categorização de texto.

Figura 7.3 – Tela do *software* Unitex com o recurso de categorização de texto



Fonte: Elaborada pelo autor

As palavras marcadas em azul são os termos que estão no arquivo de texto. Se a palavra for derivada de alguma outra, como por exemplo, o plural de algum termo como um verbo conjugado, a palavra original aparece em vermelho. As siglas em verde indicam as classes gramaticais e as siglas em laranja mostram as derivações como gênero, número e grau.

Para o agrupamento dos pictogramas foram consideradas as informações das classes gramaticais, portanto, as derivações foram desconsideradas. A Tabela 7.5 apresenta as siglas e os significados das classes gramaticais conforme o padrão adotado no *software* Unitex.

Tabela 7.5 – Siglas e significados das classes gramaticais adotadas no *software* Unitex

Sigla	Significado
A	adjetivo
ADV	advérbio
CONJC	conjunção coordenativa
CONJS	conjunção subordinativa
DET	artigo
INTJ	interjeição
N	substantivo
PREP	preposição
PRO	pronome
V	verbo

Finalmente, os pictogramas foram relacionados aos seus respectivos grupos e classes gramaticais. A seção 4.2 mostra os pictogramas classificados nas categorias: pessoas, verbos, substantivos, qualificadores, elementos sociais e símbolos (letras e números).

A relação entre as categorias dos pictogramas e as classes gramaticais foram elaboradas de forma abrangente desconsiderando a particularidade de cada palavra. A Tabela 7.6 ilustra como foi implementada a relação das categorias dos pictogramas com as classes gramaticais.

Tabela 7.6 – Relação das categorias dos pictogramas com as classes gramaticais

Grupo de pictograma	Classe gramatical
Pessoas	Pronome (PRO)
Verbos	Verbo (V)
Substantivos	Substantivo (N)
Qualificadores	Adjetivo (A), advérbio (ADV)
Elementos sociais	Preposição (PREP), interjeição (INTJ), conjunção coordenativa (CONJC) e subordinativa (CONJS)
Letras e números	Artigo (DET)

Os arquivos de texto com o conteúdo dos *blogs* foram filtrados para conterem apenas palavras que estão na lista de pictogramas válidos. Assim, a quantidade de palavras dos *blogs* diminuíram como mostrado na Tabela 7.7.

Tabela 7.7 – Quantidade de pictogramas nos arquivos de texto referentes a cada autor

Autor	Quantidade de pictogramas
A	18.811
B	125.354
C	15.735
D	96.936
E	7.829

### 7.3.3 Execução do experimento com agentes virtuais

A execução do primeiro experimento foi realizada para a simulação dos cinco autores. Essas simulações utilizaram as técnicas de sugestão de conteúdo pela frequência de uso, pelas cadeias de Markov, por sistemas de recomendação e pelo método híbrido proposto neste trabalho.

As quatro abordagens para a sugestão de pictogramas utilizam as informações de entrada como forma de treinamento para o perfil do usuário que foi simulado. As informações de treinamento foram obtidas pelos trechos dos arquivos de texto que possuem o histórico das publicações dos usuários.

Antes do processo de treinamento foram separadas as cem últimas mensagens de cada usuário para simular o manuseio da PCA. Cada mensagem corresponde a uma frase pictográfica. Essas mensagens não foram incluídas no treinamento. A quantidade de texto usada no

treinamento influi na qualidade das técnicas de sugestão de conteúdo. Assim, foram avaliados diversos cenários variando a quantidade de texto utilizado no treinamento.

Para cada autor foi aferido o esforço para a composição das cem últimas mensagens de acordo com as diferentes taxas de treinamento. A quantidade de texto usada no treinamento variou de um até cem por cento do texto.

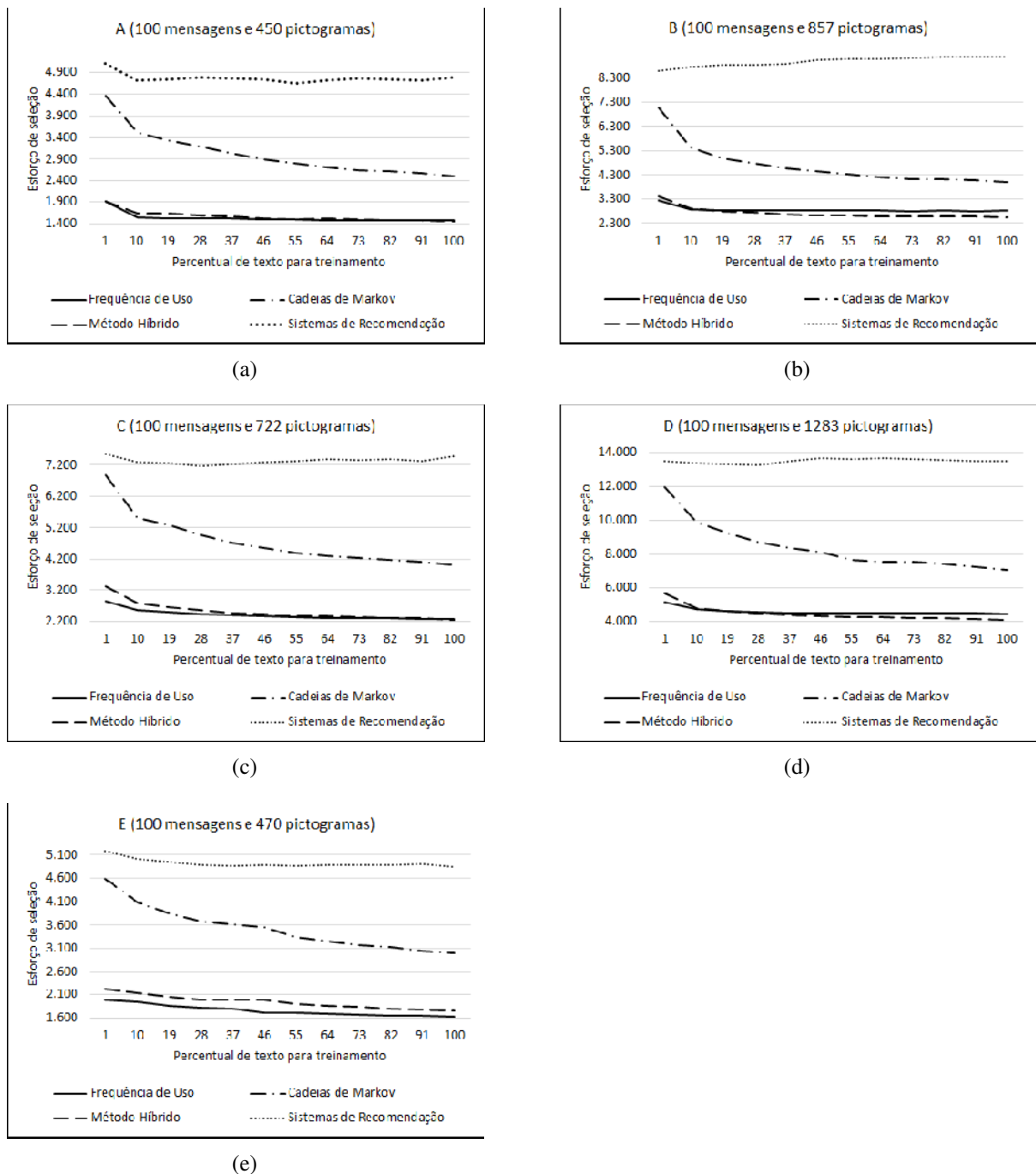
A saída do algoritmo de simulação fornece a informação da quantidade de pictogramas contida nas cem mensagens, o percentual de texto utilizado no treinamento e o número de ações que devem ser executadas para a composição das cem mensagens. Essa saída foi armazenada em arquivos de texto para facilitar a manipulação e a extração das informações utilizadas na etapa de análise dos resultados.

#### 7.3.3.1 Coleta

A partir dos resultados da simulação foram construídos gráficos e relatórios com a finalidade de comparar a performance dos métodos de sugestão de conteúdo e o comportamento para o texto de cada autor.

No primeiro tipo de gráfico, os eixos das abscissas e ordenadas mostram as informações do percentual de texto para o treinamento e o esforço de seleção, respectivamente. Foi elaborado um gráfico para cada autor. Esses gráficos são apresentados na Figura 7.4.

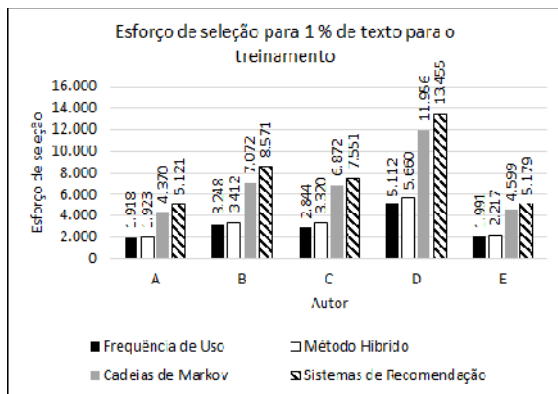
Figura 7.4 – Comparação dos métodos de sugestão de conteúdo para a métrica do esforço para a seleção de pictogramas. (a) Autor A; (b) autor B; (c) autor C; (d) autor D; (e) autor E.



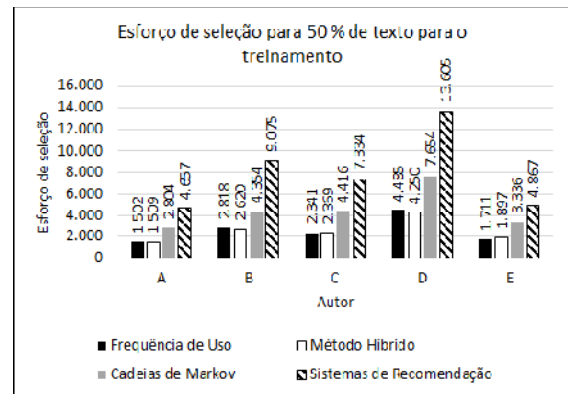
Fonte: Elaborada pelo autor

O segundo gráfico obtido mostra o esforço para a seleção de pictogramas dos métodos de sugestão para um, cinquenta e cem por cento do texto de treinamento. A Figura 7.5 ilustra esses gráficos.

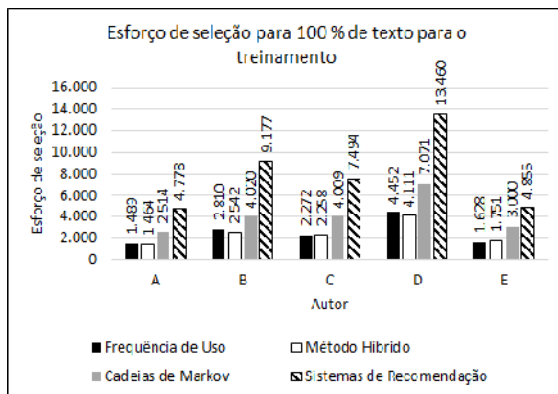
Figura 7.5 – Esforço para a seleção de pictogramas em diferentes percentuais de texto utilizados no treinamento. (a) 1%; (b) 50%; (c) 100%.



(a)



(b)

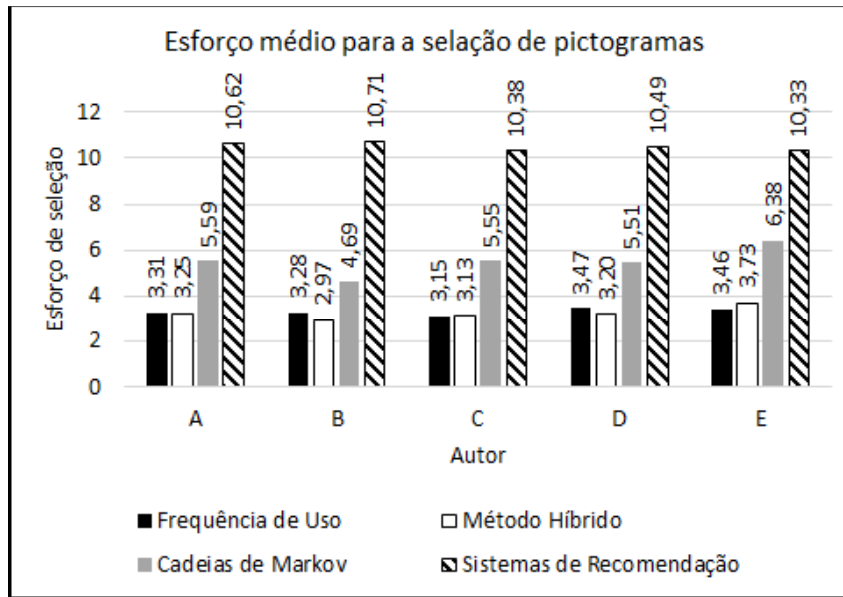


(c)

Fonte: Elaborada pelo autor

Finalmente, o gráfico mostrado na Figura 7.6 apresenta o esforço médio de seleção de pictogramas para cada método utilizando cem por cento do texto de treinamento.

Figura 7.6 – Esforço médio para a seleção de pictogramas utilizando 100% do texto de treinamento



Fonte: Elaborada pelo autor

Os resultados preliminares desse experimento são analisados na seção 7.4. Essa análise foi realizada utilizando as saídas obtidas na execução da simulação dos cinco usuários da PCA proposta neste trabalho.

### 7.3.4 Execução do experimento com sujeitos reais

#### 7.3.4.1 Ambiente de execução do experimento

A segunda etapa deste estudo consiste em avaliar as técnicas de sugestão de conteúdo com sujeitos reais. Assim, foi desenvolvido um programa em Java com as telas para a composição de mensagens pictográficas da PCA desenvolvida neste trabalho. Esse programa registra a quantidade de ações realizadas para a seleção de cada pictograma escolhido pelo usuário.

O método de navegação utilizado foi o de **seleção direta** e o dispositivo acionador foi um teclado convencional. Qualquer tecla quando pressionada equivale ao acionamento voluntário e as teclas em repouso corresponde ao estado ocioso. O intervalo de tempo para o acionamento curto foi considerado de 500 ms a 1.000 ms e o intervalo longo foi de 1.000 ms a 1.500 ms.

A Figura 7.7 mostra a tela principal do ambiente de execução do experimento. Na parte superior o usuário visualiza o comando que está sendo processado. O retângulo com a cor de fundo branca mostra a mensagem que está sendo composta e do lado direito está o botão de

apagar o último pictograma selecionado.

Figura 7.7 – Tela principal do programa desenvolvido para realizar as coletas



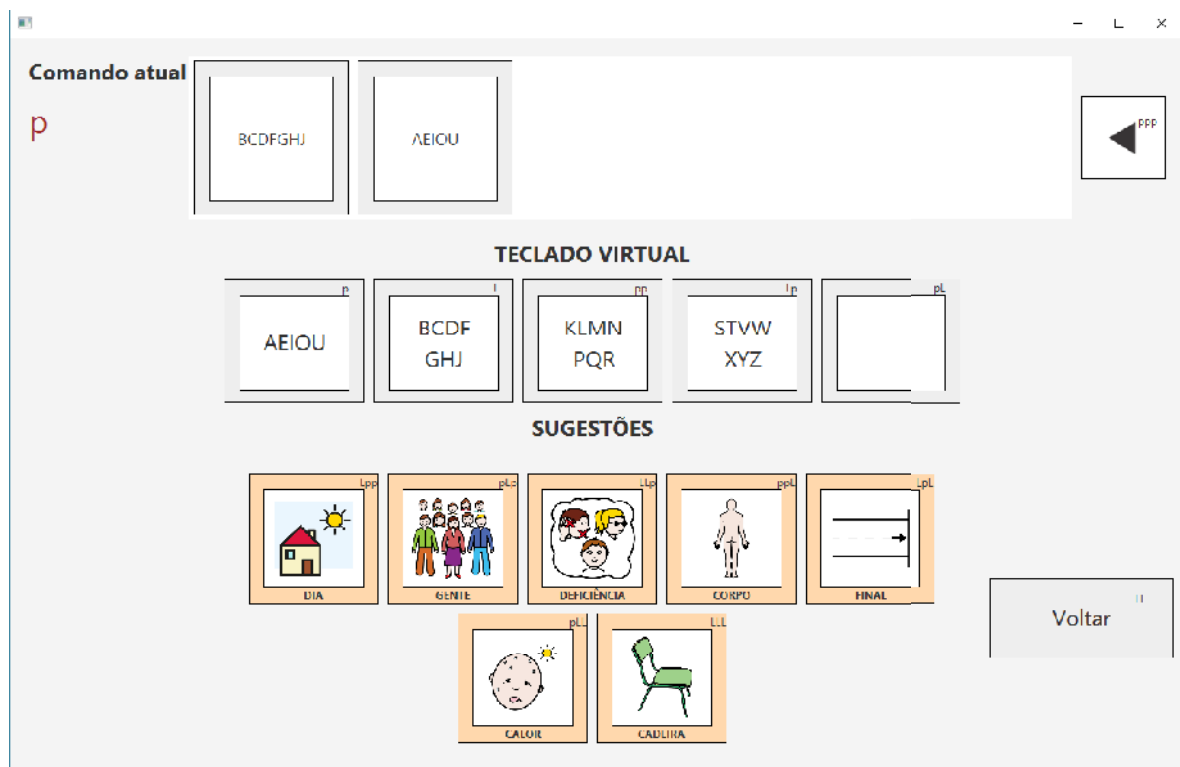
Fonte: Elaborada pelo autor

Na região central da tela estão as áreas para a seleção dos grupos e dos pictogramas sugeridos. Esses pictogramas correspondem ao grupo selecionado. A parte inferior da tela contém o botão **Iniciar Coleta** e a sequência de frases que o usuário deve compor é mostrada na parte central. Se o pictograma a ser selecionado não estiver na lista de sugestões, o botão pesquisar abre a tela de busca de pictogramas pelo teclado virtual. A Figura 7.8 mostra a tela de busca de pictogramas.

O teclado virtual apresenta a configuração de um teclado ambíguo. A parte superior mostra o comando que está sendo processado, as teclas que foram selecionadas e o botão de apagar a última tecla selecionada. Na região central é apresentado um teclado virtual ambíguo. Finalmente, na região inferior são listados os pictogramas filtrados de acordo com as teclas selecionadas.



Figura 7.8 – Tela de busca de pictogramas



Fonte: Elaborada pelo autor

#### 7.3.4.2 Metodologia

Para a execução da coleta dos dados foram convidados 20 voluntários. O conjunto de pictogramas que fazem parte do corpus são os mesmos obtidos a partir do processamento de pictogramas descritos na Seção 7.3.2.2.

Os algoritmos de sugestão foram treinados a partir de um conjunto de 10% das frases de cada autor listado na Tabela 7.3. Foi fixado um conjunto de oito mensagens pictográficas para ser composta pelos voluntários. O ambiente de coleta foi configurado para que o método de sugestão de conteúdo fosse alterado para cada novo usuário. Cada método de sugestão foi executado 5 vezes.

As mensagens usadas na execução da coleta são mostradas na Figura 7.9. Cada palavra equivale a um pictograma e a cor representa o grupo que a palavra pertence.

Figura 7.9 – Tela de busca de pictogramas

feliz da vida  
levar a sério gente egoísta  
sempre uma pessoa muito otimista  
feliz saber que eles conhecer  
jamais que com anos  
o que mais eu querer  
meu jardim minha horta  
o que mais eu querer

Fonte: Elaborada pelo autor

Essas mensagens foram extraídas a partir do texto dos autores listados na Tabela 7.3. Esse conteúdo não fez parte do treinamento dos algoritmos de sugestão, uma vez que ele deve simular uma nova entrada de dados.

Para cada pessoa voluntária foi gerado um arquivo contendo o nome do método de sugestão e o histórico de ações que o voluntário executou para compor cada mensagem pictográfica. Dessa forma, foi possível calcular o esforço total e o esforço médio para a composição de cada mensagem pictográfica.

#### 7.3.4.3 Coleta

Na execução do experimento foi registrado o número de ações para a composição de cada uma das oito mensagens. Assim, foi calculado o esforço médio para a seleção de pictogramas de cada sujeito. Finalmente, foi realizada a média geral do esforço para cada método de sugestão de conteúdo.

A Tabela 7.8 mostra os dados obtidos a partir da coleta. A relação de voluntários foi agrupada conforme o método de sugestão utilizado durante a execução do experimento. As colunas da Mensagem 1 (M1) até a Mensagem 8 (M8) mostram o esforço desempenhado para a composição de cada uma das mensagens. A coluna **Total de Ações** apresenta o esforço total que cada voluntário obteve para concluir o experimento. Finalmente, a coluna **Esforço Médio** ilustra o cálculo da média do esforço por voluntário e pelo método de sugestão.

Tabela 7.8 – Dados coletados a partir da execução do experimento com 20 voluntários. O resultado do esforço foi registrado para cada uma das 8 mensagens da coleta.

Voluntário	Método de Sugestão	Quantidade de Pictogramas por Mensagem								Total de Ações	Esforço Médio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
		3	5	5	5	4	5	4	5		
1	Frequência de Uso	14	38	19	9	25	24	25	15	169	4,12
2		14	37	16	11	21	22	23	14	158	3,85
3		26	47	19	8	21	24	22	12	179	4,37
4		18	28	18	10	20	20	23	13	150	3,66
5		23	37	17	11	19	21	20	15	163	3,98
6	Cadeias de Markov	21	39	23	15	30	32	33	15	208	5,07
7		25	36	26	16	25	35	37	21	221	5,39
8		18	38	28	14	27	35	34	18	212	5,17
9		23	35	26	11	32	33	33	18	211	5,15
10		22	32	29	20	27	33	35	14	212	5,17
11	Método Híbrido	16	28	12	9	18	23	27	23	156	3,80
12		16	28	12	9	18	23	27	23	162	3,95
13		18	35	12	12	23	21	21	20	138	3,37
14		17	25	11	11	23	17	18	16	148	3,61
15		15	22	11	14	20	30	20	16	146	3,56
16	Sistemas de Recomendação	19	22	10	14	19	23	21	18	244	5,95
17		28	38	26	13	45	40	32	22	238	5,80
18		26	40	24	12	38	42	34	22	260	6,34
19		27	39	27	10	34	42	59	22	247	6,02
20		26	41	25	13	39	41	38	24	249	6,07

## 7.4 Análise dos Resultados

Essa seção mostra a análise dos resultados obtidos a partir dos experimentos com agentes virtuais e com sujeitos reais.

### 7.4.1 Experimento com agentes virtuais

A partir dos dados da coleta para verificar a distribuição dos tratamentos foi realizado um teste de normalidade. Para amostras de dimensão inferior a 30 é recomendado utilizar o teste de Shapiro-Wilk (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

A Tabela 7.9 mostra o resultado do teste de distribuição de cada método de sugestão. Nessa tabela os valores de significância calculados foram maiores do que 0,05. Esse valor de significância permite afirmar que os dados de cada grupo estão na distribuição normal (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

Tabela 7.9 – Resultado do teste de normalidade para os dados obtidos a partir da simulação

Método de Sugestão	Estatística	gl	Significância
Frequência de Uso	0,915	5	0,496
Cadeias de Markov	0,912	5	0,479
Método Híbrido	0,876	5	0,293
Sistemas de Recomendação	0,948	5	0,721

O teste de hipótese mais adequado para dados com a distribuição normal e com um fator e mais do que dois tratamentos é o ANOVA (NORMANDO; A; A, 2010). Para o processamento dos dados foi utilizado o *software* IBM SPSS Statistics 23.

A Tabela 7.10 ilustra o resultado do teste de hipótese executado para os dados do experimento. O valor da significância é igual a zero, ou seja, a hipótese nula pode ser rejeitada com segurança. A partir dessa interpretação pode-se afirmar que cada método de sugestão de conteúdo influencia diretamente no esforço médio para a seleção de pictogramas.

Tabela 7.10 – Resultado do teste ANOVA

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Significância
Entre grupos	173,433	3	57,811	479,144	0,000
Nos grupos	1,930	16	0,121		
Total	175,364	19			

Os valores da *soma dos quadrados*, do *df* e do *quadrado médio* são utilizados para o cálculo de *Z* e da *significância*. O valor de *Z* é usado para relacionar a diferença entre os grupos

e quanto maior for o valor de Z, maior é a significância dos resultados.

Com a hipótese nula rejeitada, os dados da saída da simulação foram descritos do ponto de vista estatístico. A Tabela 7.11 apresenta os dados da análise descritiva.

Tabela 7.11 – Estatística descritiva dos dados obtidos na etapa de coleta

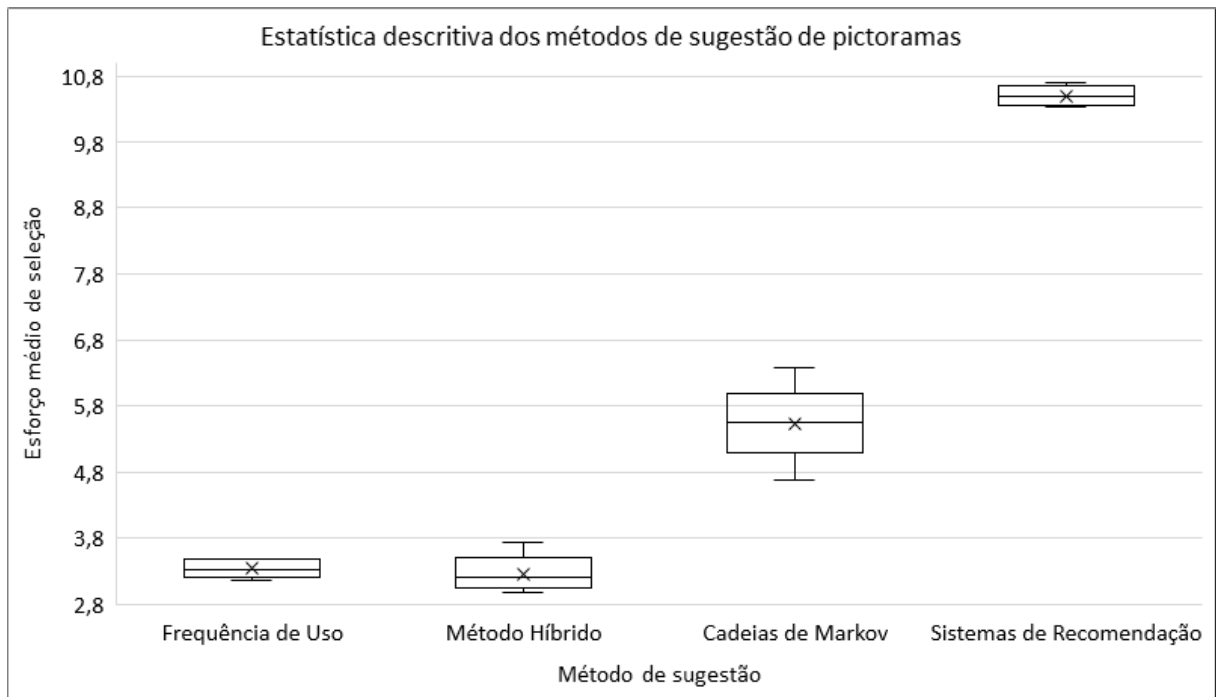
Tratamento	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de confiança de 95% por média		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
Frequência de Uso	5	3,3340	0,13390	0,5988	3,1677	3,5003	3,15	3,47
Cadeias de Markov	5	5,5440	0,59823	0,26754	4,8012	6,2868	4,69	6,38
Método Híbrido	5	3,2560	0,28527	0,12758	2,9018	3,6102	2,97	3,73
Sistemas de Recomendação	5	10,5060	0,15947	0,07132	10,308	10,704	10,33	10,71
Total	20	5,6600	3,03804	0,67933	4,2382	7,0818	2,97	10,71

Ao analisar a Tabela 7.11, pode-se verificar que o desvio padrão de todos os tratamentos é menor do que um. Isso significa que o esforço médio de seleção de pictogramas é estável para cada tratamento. O método de sugestão por sistemas de recomendação foi o que apresentou o maior esforço médio para a seleção de pictogramas. Esse resultado é justificado pelo pequeno número de palavras contidas no dicionário. Assim, a aplicação desse método é mais adequada quando existe uma larga escala de dados (BURKE, 2002).

O método que utiliza cadeias de Markov obteve a maior variação do esforço, porém o valor mínimo encontrado na amostra é maior do que o valor máximo em relação aos métodos de frequência de uso e do método híbrido. Isso significa que mesmo considerando o valor mínimo e o desvio padrão, o resultado da avaliação do método que usa cadeias de Markov não apresentou resultados satisfatórios.

Os métodos de frequência de uso e híbrido possuem a média aproximada. Entretanto, analisando o desvio padrão e os valores mínimos e máximos desses dois métodos pode-se observar de forma mais ampla que o método híbrido apresenta um menor esforço. A Figura 7.10 ilustra o gráfico de caixa estreita desenvolvido a partir dos dados da coleta do experimento. No método híbrido a mediana, a média e o valor mínimo do esforço são menores do que no método de frequência de uso.

Figura 7.10 – Estatística descritiva dos métodos de sugestão de pictogramas.



Fonte: Elaborada pelo autor

A partir da análise estatística dos dados pode-se concluir que o método híbrido necessita de um menor esforço para a seleção de pictogramas. O esforço médio para o método de frequência de uso apresenta um resultado bem próximo ao método híbrido. Entretanto, ao analisar os valores absolutos mostrados nos gráficos da Figura 7.4 pode-se verificar uma diferença expressiva em relação ao histórico de composição de todas as mensagens utilizadas na simulação. Isso quer dizer que para um texto maior a diferença entre o esforço absoluto para a seleção de pictogramas é maior entre os métodos de frequência de uso e híbrido. Assim, a melhor opção para o usuário é o método híbrido.

#### 7.4.2 Experimento com sujeitos reais

A primeira análise a ser realizada com os dados da coleta com os voluntários corresponde ao teste de rejeição da hipótese nula. Como discutido na Seção 7.4.1, é necessário observar a distribuição dos dados obtidos na coleta. A Tabela 7.12 mostra o resultado do teste de distribuição. O teste de normalidade mais adequado para a quantidade de amostras utilizadas na coleta é o de Shapiro-Wilk.

Tabela 7.12 – Resultado do teste de normalidade para os dados obtidos a partir da coleta

Método de Sugestão	Estatística	gl	Significância
Frequência de Uso	0,996	5	0,995
Cadeias de Markov	0,833	5	0,146
Método Híbrido	0,982	5	0,944
Sistemas de Recomendação	0,959	5	0,799

Pode-se afirmar que a partir do resultado do teste de normalidade os dados obtidos para cada método de sugestão estão na distribuição normal. Dessa forma, o teste ANOVA é o teste de hipótese mais adequado para a configuração do experimento da coleta com pessoas voluntárias.

A Tabela 7.13 mostra o resultado do teste de hipótese executado para os dados do experimento com sujeitos reais. Pode-se verificar que com o valor da significância igual a zero para o ambiente real, cada método de sugestão de conteúdo influencia diretamente no esforço médio para a seleção de pictogramas.

Tabela 7.13 – Resultado do teste ANOVA para os dados da coleta

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Significância
Entre grupos	18,024	3	6,008	136,599	0,000
Nos grupos	0,704	16	0,044		
Total	18,728	19			

Para melhor compreensão dos resultados os dados da coleta foram descritos estatisticamente. A Tabela 7.14 mostra os dados da análise estatística descritiva.

Tabela 7.14 – Estatística descritiva dos dados obtidos na etapa de coleta

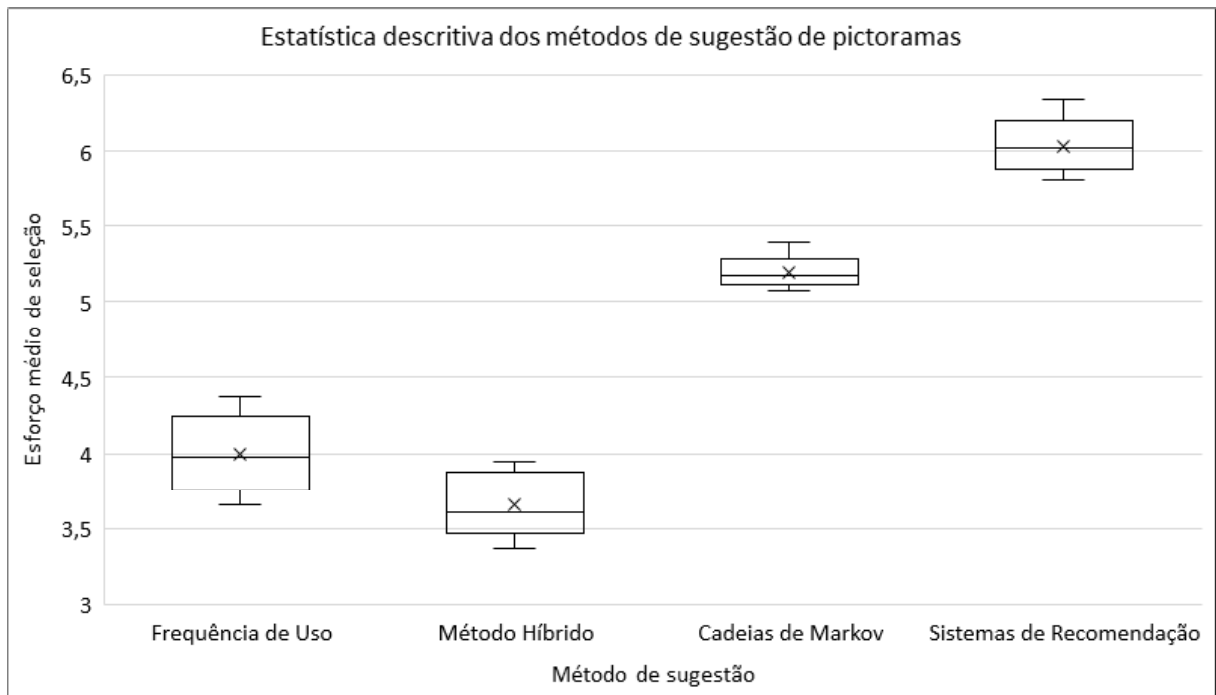
Tratamento	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de confiança de 95% por média		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
Frequência de Uso	5	3,9960	0,26913	0,12036	3,6618	4,3302	3,66	4,37
Cadeias de Markov	5	5,1900	0,11916	0,05329	5,0420	5,3380	5,07	5,39
Método Híbrido	5	3,6580	0,22376	0,10007	3,3802	3,9358	3,37	3,95
Sistemas de Recomendação	5	6,0360	0,19807	0,08858	5,7901	6,2819	5,80	6,34
Total	20	4,7200	0,99281	0,22200	4,7050	4,7200	3,37	6,34

O resultado do esforço médio para os tratamentos se aproximaram dos resultados da simulação. Entretanto, o esforço médio para o método que utiliza sistemas de recomendação

apresentou uma maior discrepância entre os valores da simulação e os valores da coleta. Mesmo assim, esse método obteve o maior esforço para a composição de mensagens pictográficas.

O método híbrido exigiu menor esforço do usuário para produzir a mensagem. A Figura 7.11 mostra o gráfico relacionado a estatística descritiva dos métodos de sugestão de pictogramas de acordo com o esforço médio para a seleção de pictogramas.

Figura 7.11 – Estatística descritiva dos métodos de sugestão de pictogramas.



Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se verificar nos gráficos das Figuras 7.10 e 7.11 que o método híbrido e o da frequência de uso possuem boas indicações para a sugestão de pictogramas. Os métodos que utilizam cadeias de Markov ou sistemas de recomendação apresentaram resultados piores. Assim, essas abordagens não são recomendadas para o tipo de aplicação estudada neste trabalho.

## 7.5 Conclusões

Neste capítulo foi apresentado um experimento para comparar o esforço e a seleção de pictogramas conforme o método de sugestão utilizado. Inicialmente, foi descrito o protocolo do experimento. Esse experimento foi executado em duas etapas.

A primeira etapa foi realizada em um ambiente em que os sujeitos são agentes virtuais para simular as pessoas com graves restrições motoras. A outra etapa foi a realização da



coleta com pessoas voluntárias que não possuíam restrições motoras. Entretanto, essas pessoas interagiram com a interface de coleta por meio de dispositivos acionadores.

As etapas de preparação, execução e coleta foram descritas e no final deste capítulo foi mostrada a análise dos resultados. Nos dois experimentos, o método híbrido apresentou o menor esforço para a seleção de pictogramas.

O próximo capítulo apresenta as conclusões e como os resultados deste trabalho podem contribuir para a evolução desta linha de pesquisa.

# CAPÍTULO 8

## *CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS*

### 8.1 Introdução

Este capítulo apresenta as conclusões e os trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos a partir dos resultados desta tese.

### 8.2 Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do modelo de uma Prancha de Comunicação Alternativa (PCA) de alta tecnologia para pessoas com graves restrições motoras. Foi utilizado como principal exemplo pessoas que estão com Síndrome do Encarceramento. O objetivo dessa PCA é minimizar o esforço para a comunicação entre as pessoas participantes desse processo.

Foi realizada uma revisão sistemática sobre Tecnologias Assistivas e Comunicação Alternativa e Aumentativa para pessoas com SE com o objetivo de documentar o estado da arte. Assim, foram identificadas as possíveis contribuições para essa linha de pesquisa.

A prancha de comunicação desenvolvida permite o uso de dispositivos acionadores que fazem interface com computadores pessoais. A escolha do dispositivo a ser usado pelos usuários dependem do tipo de movimentos voluntários que essa pessoa possui e de seu poder aquisitivo.

A PCA possui o módulo de escrita textual que utiliza um teclado virtual. Esse módulo foi adaptado dos trabalhos de Loja (2016) e Gomide et al. (2016). Além disso, nesta pesquisa foi proposto o recurso de comunicação que utiliza o sistema PIC. Esse recurso usa imagens rotuladas para a composição de mensagens rápidas.

Os mecanismos de sugestão de conteúdo apresentados neste trabalho foram aplicados no módulo de composição de mensagens rápidas. Além disso, esta tese apresentou técnicas de sugestão que utilizam a frequência de uso, cadeias de Markov e sistemas de recomendação. Finalmente, foi proposto um modelo de sugestão híbrido que contém os elementos das técnicas de frequência de uso e cadeias de Markov.

A qualidade dos métodos de sugestão foi avaliada a partir da proposta de um experimento. Esse experimento comparou as técnicas de sugestão de conteúdo para analisar o esforço de seleção de pictogramas no módulo de composição de mensagens pictográficas.

O método híbrido proposto nesta pesquisa apresentou melhores resultados em relação às técnicas identificadas na literatura. O método da frequência de uso obteve resultados de esforço médio próximos ao do método híbrido, porém, foi analisado que a longo prazo essa diferença se torna mais evidente.

Os resultados dos métodos de sugestão de conteúdo baseados em cadeias de Markov e em sistemas de recomendação não foram satisfatórios, pois os valores do esforço médio ficaram bem acima dos demais métodos. Assim, o usuário teria que escrever quase toda a sentença para que as sugestões apresentadas fossem corretas.

Este trabalho teve como limitação a falta de testes em situação real de uso, pois o dispositivo de entrada de dados e as condições do usuário podem impactar significativamente no desempenho da PCA.

### 8.3 Trabalhos Futuros

A próxima etapa para a continuação desta pesquisa será manter o contexto da aplicação proposta nos ambientes clínico e residencial de pessoas com graves restrições motoras. Assim, o *layout* da PCA será validado por profissionais da área da saúde e pelas próprias pessoas que usarão o sistema.

O novo modelo da PCA poderá ser testado a partir de um novo experimento. Os resultados relacionados à performance de operação dessa PCA poderão ser comparados com os que foram obtidos nesta tese.

Outra pesquisa que poderá ser realizada será o desenvolvimento de dispositivos acionadores de baixo custo destinados a pessoas com graves restrições motoras. Conforme os tipos de restrições motoras será catalogado quais os dispositivos acionadores mais adequados.

### 8.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou as conclusões deste trabalho e as próximas atividades de pesquisa que poderão ser desenvolvidas a partir dos resultados obtidos no desenvolvimento desta tese.

## REFERÊNCIAS

- ACESSIBILIDADE, C. T. de. *Acionador? O que é? Para que serve? Onde eu utilizo?* 2016. Disponível em: <<http://cta.ifrs.edu.br/noticias/visualizar/92>>.
- AL-ABDULLATIF, A. et al. Mind-controlled augmentative and alternative communication for people with severe motor disabilities. In: *Innovations in Information Technology (IIT), 2013 9th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 107–112.
- ALWELL, M.; COBB, B. Social and communicative interventions and transition outcomes for youth with disabilities: A systematic review. *Career Development for Exceptional Individuals*, p. –, 2009.
- ANN, O. C.; THENG, L. B. A study on the effectiveness of biometrics based alternative communication tool. In: *Information, Communications and Signal Processing (ICICS) 2011 8th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–4.
- ARASAAC. *Portal Aragonés de Comunicação Aumentativa e Alternativa*. 2016. Disponível em: <<http://arasaac.org/index.php>>.
- ARBOLEDA, C. et al. P300-based brain computer interface experimental setup. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 598–601. ISSN 1557-170X.
- AREKAR, T.; SONAR, M. R.; UKE, N. A survey on recommendation system. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*, v. 2, n. 1, 2015.
- ARNIN, J. et al. Wireless-based portable eeg-eog monitoring for real time drowsiness detection. In: *IEEE. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2013 35th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2013. p. 4977–4980.
- AWARDS, W. S. *Global Champions 2015*. 2016. Disponível em: <<http://events.wsa-mobile.org/content/global-champions-2015-111620150206>>.
- AZEVEDO, P. V. d.; LEITÃO, M. d. M. V. B. R. Aplicação de processos em cadeia de markov às precipitações diárias no estado da paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 5, n. 1, p. 389–402, 1990.
- BANK, I.-A. D. *Carlos Edmar Pereira LIVOX*. 2016. Disponível em: <<http://www.iadb.org/en/annual-meeting/2015/videos,18739.html?videoid=10245>>.
- BASILI, V. R.; ROMBACH, H. D. The tame project: Towards improvement-oriented software environments. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 6, p. 758–773, 1988.
- BERMUDEZ, G. R. et al. Performance analysis of different feature-classifier binomials in motor-imaging bcis: Preliminary results. In: *IEEE. Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), 2010 3rd International Symposium on*. [S.l.], 2010. p. 1–5.
- BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. *Porto Alegre: CEDI*, 2008.

- BHATTACHARYA, S.; SAMANTA, D.; BASU, A. Performance models for automatic evaluation of virtual scanning keyboards. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, v. 16, n. 5, p. 510–519, 2008. ISSN 1534-4320.
- BHATTACHARYA, S.; SAMANTA, D.; BASU, A. User errors on scanning keyboards: Empirical study, model and design principles. *Interacting with Computers*, v. 20, n. 3, p. 406–418, 2008.
- BIRBAUMER, N. et al. A spelling device for the paralysed. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 398, n. 6725, p. 297–298, 1999.
- BISWAS, P.; SAMANTA, D. Friend: A communication aid for persons with disabilities. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, v. 16, n. 2, p. 205–209, 2008. ISSN 1534-4320.
- BLACKMAN, J. et al. Locked-in syndrome. *Case Studies in Neurological Rehabilitation*, Cambridge University Press, p. 29, 2008.
- BLANKERTZ, B. et al. The berlin brain-computer interface: Eeg-based communication without subject training. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 2, p. 147–152, 2006.
- BRADBERRY, T. J.; CONTRERAS-VIDAL, J. L.; RONG, F. Decoding hand and cursor kinematics from magnetoencephalographic signals during tool use. In: IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.], 2008. p. 5306–5309.
- BRADSHAW, J. The use of augmentative and alternative communication apps for the ipad, ipod and iphone: an overview of recent developments. *Tizard Learning Disability Review*, Emerald Group Publishing Limited, v. 18, n. 1, p. 31–37, 2013.
- BRASIL. *Tecnologia Assistiva*. 2009. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>.
- BUCH, E. et al. Think to move: a neuromagnetic brain-computer interface (bci) system for chronic stroke. *Stroke*, Am Heart Assoc, v. 39, n. 3, p. 910–917, 2008.
- BURKE, R. Hybrid recommender systems: Survey and experiments. *User modeling and user-adapted interaction*, Springer, v. 12, n. 4, p. 331–370, 2002.
- CABRERA, A. F. et al. Brain-computer interfacing: How to control computers with thoughts. In: IEEE. *Applied Sciences on Biomedical and Communication Technologies, 2008. ISABEL'08. First International Symposium on*. [S.l.], 2008. p. 1–4.
- CALVO, A. et al. *Eye tracking impact on quality-of-life of ALS patients*. [S.l.]: Springer, 2008.
- CARDWELL, M. et al. Locked-in syndrome. *Texas medicine*, v. 109, n. 2, p. e1–e1, 2012.
- CASANOVA, E. et al. Locked-in syndrome: improvement in the prognosis after an early intensive multidisciplinary rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Elsevier, v. 84, n. 6, p. 862–867, 2003.
- CASSEMIRO, C. R.; ARCE, C. G. Comunicação visual por computador na esclerose lateral amiotrófica. *Arq Bras Oftalmol*, SciELO Brasil, v. 67, n. 2, p. 295–300, 2004.

- CESA, C. C.; RAMOS-SOUZA, A. P.; KESSLER, T. M. Novas perspectivas em comunicação suplementar e/ou alternativa a partir da análise de periódicos internacionais. *Rev. CEFAC, SciELO Brasil*, v. 12, n. 5, p. 870–80, 2010.
- CHAPIN, J. K. et al. Real-time control of a robot arm using simultaneously recorded neurons in the motor cortex. *Nature neuroscience*, Nature Publishing Group, v. 2, n. 7, p. 664–670, 1999.
- CHAPMAN, J. E. Use of an eye-operated computer system in locked-in syndrome. In: *Sixth Annual International Conference on Technology and Persons with Disabilities (CSUN'91)*. [S.l.: s.n.], 1991.
- CHAPPLE, D. The evolution of augmentative communication and the importance of alternate access. *SIG 12 Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*, ASHA, v. 20, n. 1, p. 34–37, 2011.
- CHEN, Y.-L. et al. Real-time eye tracking and event identification techniques for smart tv applications. In: *IEEE. Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW), 2014 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 63–64.
- CIPRESSO, P. et al. The combined use of brain computer interface and eye-tracking technology for cognitive assessment in amyotrophic lateral sclerosis. In: *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2011 5th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 320–324.
- CIVIAM. *Tobii PCEye Go - Controle o Computador com os Olhos*. 2015. Disponível em: <<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/tobii/pceye-tobii-controlar-computador-olhos-mouse-teclado-virtual.html>>.
- CLAYPOOL, M. et al. Combining content-based and collaborative filters in an online newspaper. In: *CITeseer. Proceedings of ACM SIGIR workshop on recommender systems*. [S.l.], 1999. v. 60.
- COLKER, R. Americans with disabilities act: A windfall for defendants, the. *Harv. Cr-CIL Rev.*, HeinOnline, v. 34, p. 99, 1999.
- COMUNICAÇÃO, A. N. S. D. Introdução e desenvolvimento do uso da comunicação alternativa na síndrome de angelman: estudo de caso. *SciELO Brasil*, 2009.
- CONSORTIUM, W. W. W. *Horizontal European Activities in Rehabilitation Technology*. 1993. Disponível em: <<http://www.w3.org/WAI/EO/heart.html>>.
- COYLE, S. et al. On the suitability of near-infrared (nir) systems for next-generation brain-computer interfaces. *Physiological measurement*, IOP Publishing, v. 25, n. 4, p. 815, 2004.
- DECHARMS, R. C. et al. Control over brain activation and pain learned by using real-time functional mri. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Acad Sciences, v. 102, n. 51, p. 18626–18631, 2005.
- DIMURO, G. P. et al. Modelos de markov e aplicações. *VI Oficina de Inteligência Artificial, Pelotas: Educat*, p. 37–59, 2002.
- DIVJAK, M.; BISCHOF, H. Eye blink based fatigue detection for prevention of computer vision syndrome. In: *MVA*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 350–353.

- DOVAL, F. G.; CARBALLO, J. P.; JEREMIAS, J. V. Tictac: Information and communication technologies for augmentative communication boards. In: *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1783–1787.
- DUVINAGE, M. et al. Performance of the emotiv epoc headset for p300-based applications. *Biomedical engineering online*, BioMed Central Ltd, v. 12, n. 1, p. 56, 2013.
- DYNAVOX. *DynaVox Maestro*. 2016. Disponível em: <<http://www.dynavoxtech.com/products/maestro/>>.
- EDUCATION, P. *Pitograms, visualizations and education*. 2016. Disponível em: <<http://www.sclera.be/en/vzw/home>>.
- EKANAYAKE, H. P300 and emotiv epoc: Does emotiv epoc capture real eeg? *The Solution Available: http://neurofeedback.visaduma.info/emotivrese arch. htm*, 2011.
- EMOTIV. *Wearables for your brain - EEG*. 2015. Disponível em: <<https://emotiv.com/>>.
- FARWELL, L. A.; DONCHIN, E. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, Elsevier, v. 70, n. 6, p. 510–523, 1988.
- FELTON, E. A. et al. Electrocorticographically controlled brain-computer interfaces using motor and sensory imagery in patients with temporary subdural electrode implants: report of four cases. *Journal of neurosurgery*, American Association of Neurological Surgeons, v. 106, n. 3, p. 495–500, 2007.
- FERREIRA, C. V. *Eye Blink - Uma Nova Biblioteca para a Detecção do Piscar dos Olhos*. 2015. Monografia (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas), IFG (Instituto Federal de Goiás), Luziânia, Brazil.
- FETZ, E. E. Operant conditioning of cortical unit activity. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 163, n. 3870, p. 955–958, 1969.
- FOUNDATION, O. L. E. R. *S225 EOG Sensor*. 2015. Disponível em: <<http://www.ohiolionseyeresearch.com/>>.
- FRANCO, N. M. et al. Modeling language and case tool for communication board customization. In: IEEE. *e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2014 IEEE 16th International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 335–340.
- FROST, L.; BONDY, A. *The picture exchange communication system training manual*. [S.l.]: Pyramid Educational Products, Incorporated, 2002.
- FU, Y.-F.; HO, C.-S. A fast text-based communication system for handicapped aphasiacs. In: IEEE. *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2009. IIH-MSP'09. Fifth International Conference on*. [S.l.], 2009. p. 583–594.
- GARCÍA, J. C. D.; FILHO, T. A. G. Pesquisa nacional de tecnologia assistiva. *São Paulo: ITS Brasil/MCTI-Secis*, 2012.
- GARCIA, L. F.; OLIVEIRA, L. C. de; MATOS, D. M. de. Evaluating a location-aware pictogram prediction aac system. *Assistive Technology*, Taylor & Francis, n. just-accepted, 2015.

- GATTI, N.; MATTEUCCI, M.; SBATTELLA, L. *An adaptive and predictive environment to support augmentative and alternative communication*. [S.l.]: Springer, 2004.
- GIVEN, L. M. *The Sage encyclopedia of qualitative research methods*. [S.l.]: Sage Publications, 2008.
- GOMIDE, R. d. S. et al. A new concept of assistive virtual keyboards based on a systematic review of text entry optimization techniques. *Research on Biomedical Engineering*, scielo, v. 32, p. 176 – 198, 06 2016. ISSN 2446-4740. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2446-47402016000200176&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2446-47402016000200176&nrm=iso)>.
- GOMIDE, R. S. *Ambiente virtual para reabilitação de membros superiores utilizando visão computacional*. Dissertação (Mestrado), 2012. Engenharias IV. Disponível em: <<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/971>>.
- GOMIDE, R. S. et al. A systematic review on methods and techniques for optimizing assistive virtual keyboards. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, v. 13, n. 8, p. 2687–2693, Aug 2015. ISSN 1548-0992.
- GOMIDE, R. S. et al. Um estudo preliminar do protocolo de navegação de interfaces gráficas baseado na codificação de huffman. In: *XIII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica*. [S.l.: s.n.], 2015. ISSN 2178-8308.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.; EDDINS, S. L. *Digital image processing using MATLAB*. [S.l.]: Pearson Education India, 2004.
- GOOGLE. *Google Brasil*. 2016. Disponível em: <<http://www.google.com.br>>.
- GOSNELL, J.; COSTELLO, J.; SHANE, H. There isn't always an app for that! *SIG 12 Perspectives on Augmentative and Alternative Communication*, ASHA, v. 20, n. 1, p. 7–8, 2011.
- GRAUMAN, K. et al. Communication via eye blinks-detection and duration analysis in real time. In: IEEE. *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on*. [S.l.], 2001. v. 1, p. I–1010.
- GUERRIER, Y. et al. Comparative study between azerty-type and k-hermes virtual keyboards dedicated to users with cerebral palsy. In: *Universal Access in Human-Computer Interaction. Users Diversity*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 310–319.
- HANSON, E. K. et al. The impact of alphabet supplementation and word prediction on sentence intelligibility of electronically distorted speech. *Speech Communication*, v. 52, n. 2, p. 99–105, 2010.
- HILGERS, P. V.; LANGVILLE, A. N. The five greatest applications of markov chains. In: CITESEER. *Proceedings of the Markov Anniversary Meeting, Boston Press, Boston, MA*. [S.l.], 2006.
- HILL, K. *Advances in Augmentative and Alternative Communication as Quality-of-Life Technology*. 2010. 43–58 p.
- HOAG, L. A. et al. Trade-offs between informativeness and speed of message delivery in augmentative and alternative communication. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, ASHA, v. 47, n. 6, p. 1270–1285, 2004.



- HOCHBERG, L. R. et al. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 442, n. 7099, p. 164–171, 2006.
- IACONO, T.; LYON, K.; WEST, D. Non-electronic communication aids for people with complex communication needs. *International journal of speech-language pathology*, Informa UK, Ltd. Stockholm, v. 13, n. 5, p. 399–410, 2011.
- IBGE. *Censo Demográfico 2010*. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000008473104122012315727483985.pdf>>.
- IMAGINA. *Vox4all 2.0*. 2016. Disponível em: <[www.imagina.pt/produtos/software/vox4all-2-0/](http://www.imagina.pt/produtos/software/vox4all-2-0/)>.
- INSTRUMENTS, O. *Proloquo2Go and Proloquo4Text Combo Packs*. 2016. Disponível em: <<http://www.orin.com/access/Proloquo2Go/>>.
- ISHIGURO, Y. et al. Aided eyes: eye activity sensing for daily life. In: ACM. *Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference*. [S.l.], 2010. p. 25.
- ISO. *Technical aids for persons with disabilities – Classification and terminology*. 2002. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=33150](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=33150)>.
- JACOB, R.; KARN, K. S. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind*, v. 2, n. 3, p. 4, 2003.
- JERRI, A. The shannon sampling theorem 8212;its various extensions and applications: A tutorial review. *Proceedings of the IEEE*, v. 65, n. 11, p. 1565–1596, Nov 1977. ISSN 0018-9219.
- JOHNSON, J. M. et al. Perspectives of speech language pathologists regarding success versus abandonment of aac. *Augmentative and Alternative Communication*, Informa UK Ltd UK, v. 22, n. 2, p. 85–99, 2006.
- KEEGAN, J.; BURKE, E.; CONDRON, J. An electrooculogram-based binary saccade sequence classification (bssc) technique for augmentative communication and control. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 2604–2607. ISSN 1557-170X.
- KEMENY, J. G.; SNELL, J. L. et al. *Finite markov chains*. [S.l.]: van Nostrand Princeton, NJ, 1960. v. 356.
- KNUTH, D. E. Dynamic huffman coding. *Journal of algorithms*, Elsevier, v. 6, n. 2, p. 163–180, 1985.
- KRASKOWSKY, L. H.; FINLAYSON, M. Factors affecting older adults’ use of adaptive equipment: Review of the literature. *The American Journal of Occupational Therapy*, The American Occupational Association, Inc., v. 55, n. 3, p. 303–310, 2001.
- KROLAK, A.; STRUMILLO, P. Vision-based eye blink monitoring system for human-computer interfacing. In: *Human System Interactions, 2008 Conference on*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 994–998.
- KUBLER, A. et al. Bci meeting 2005-workshop on clinical issues and applications. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, IEEE, v. 14, n. 2, p. 131, 2006.

- KÜBLER, A.; NEUMANN, N. Brain-computer interfaces—the key for the conscious brain locked into a paralyzed body. *Progress in brain research*, Elsevier, v. 150, p. 513–525, 2005.
- LEUTHARDT, E. C. et al. Electrocorticography-based brain computer interface—the seattle experience. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 2, p. 194–198, 2006.
- LIVOX. *Livox - Comunicação Alternativa - Liberdade em voz alta*. 2016. Disponível em: <<http://www.livox.com.br>>.
- LOJA, L. F. et al. Revisão sobre otimizações de layouts de teclados virtuais aplicados a tecnologia assistiva. In: *XIII Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica*. [S.l.: s.n.], 2015. ISSN 2178-8308.
- LOJA, L. F. B. *Tecnologia assistiva: um teclado virtual evolutivo para aplicação em sistemas de comunicação alternativa e aumentativa*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- LOJA, L. F. B. et al. A concept-environment for computer-based augmentative and alternative communication founded on a systematic review. *Research on Biomedical Engineering*, 2015.
- LU, J. et al. Recommender system application developments: a survey. *Decision Support Systems*, Elsevier, v. 74, p. 12–32, 2015.
- MACEDO, E. C. de. O uso de sistemas alternativos e facilitadores de comunicação nas afasias. *Distúrbios da Comunicação*. ISSN 2176-2724, v. 9, n. 2, 1998.
- MAGERMAN, D. M. Statistical decision-tree models for parsing. In: ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS. *Proceedings of the 33rd annual meeting on Association for Computational Linguistics*. [S.l.], 1995. p. 276–283.
- MAK, J.; WOLPAW, J. Clinical applications of brain-computer interfaces: Current state and future prospects. *Biomedical Engineering, IEEE Reviews in*, v. 2, p. 187–199, 2009.
- MATHY, P.; YORKSTON, K.; GUTMANN, M. Aac for individuals with amyotrophic lateral sclerosis. *Augmentative and Disorders*, p. 183–231, 2000.
- MAYER-JOHNSON. *Boardmaker Software*. 2016. Disponível em: <<http://www.mayer-johnson.com/boardmaker-software>>.
- MCCOOL, J. I. Probability and statistics with reliability, queuing and computer science applications. *Technometrics*, Taylor & Francis, v. 45, n. 1, p. 107–107, 2003.
- MCCOY, K. F. et al. *Speech and Language processing as assistive technologies*. 2013. 1143–1146 p.
- MELLINGER, J. et al. An meg-based brain–computer interface (bci). *Neuroimage*, Elsevier, v. 36, n. 3, p. 581–593, 2007.
- MING, D. et al. Study on eeg-based mouse system by using brain-computer interface. In: *Virtual Environments, Human-Computer Interfaces and Measurements Systems, 2009. VECIMS '09. IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 236–239.

- MÜLLER-PUTZ, G. R.; PFURTSCHHELLER, G. Control of an electrical prosthesis with an ssvep-based bci. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 55, n. 1, p. 361–364, 2008.
- NAITO, M. et al. A communication means for totally locked-in als patients based on changes in cerebral blood volume measured with near-infrared light. *IEICE transactions on information and systems*, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, v. 90, n. 7, p. 1028–1037, 2007.
- NAVES, E.; ROCHA, L.; PINO, P. Alternative communication system for people with severe motor disabilities using myoelectric signal control. In: *Biosignals and Biorobotics Conference (BRC), 2012 ISSNIP*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–4.
- NEUROSKY. *MindWave Mobile - Store*. 2015. Disponível em: <<http://store.neurosky.com/collections/eeg-headsets>>.
- NIJBOER, F. et al. A p300-based brain–computer interface for people with amyotrophic lateral sclerosis. *Clinical neurophysiology*, Elsevier, v. 119, n. 8, p. 1909–1916, 2008.
- NORMANDO, D.; A, L. T.; A, C. A. C. A. Q. A escolha do teste estatístico - um tutorial em forma de apresentaã§ãem PowerPoint. *Dental Press Journal of Orthodontics*, scielo, v. 15, p. 101 – 106, 02 2010. ISSN 2176-9451. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2176-94512010000100012&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-94512010000100012&nrm=iso)>.
- OBERMAIER, B.; MULLER, G.; PFURTSCHHELLER, G. "virtual keyboard"controlled by spontaneous eeg activity. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, New York, NY: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., c1993-c2000., v. 11, n. 4, p. 422–426, 2003.
- OPPENHEIM, A. V. et al. *Discrete-time signal processing*. [S.l.]: Prentice-hall Englewood Cliffs, 1989. v. 2.
- ORHAN, U. et al. Rsvp keyboard: An eeg based typing interface. In: *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2012 IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 645–648. ISSN 1520-6149.
- PALS, A. . *How to Communicate with Only Eye Movement (inc.: E-Tran & Vocal Eyes Instruction Videos)*. 2016. Disponível em: <<http://amyandpals.com/communicate-eye-movement-e-tran/>>.
- PALS, A. . *Partner Assisted Scanning: A Low Tech Communication Method for People with only Eye Movement*. 2016. Disponível em: <<http://amyandpals.com/aac-methods-low-tech/>>.
- PARK, D. H. et al. A literature review and classification of recommender systems research. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 39, n. 11, p. 10059–10072, 2012.
- PARK, S.-W. et al. Augmentative and alternative communication training using eye blink switch for locked-in syndrome patient. *Annals of Rehabilitation Medicine*, v. 36, n. 2, p. 268–272, 2012.
- PATAK, L. et al. Communication boards in critical care: patients' views. *Applied Nursing Research*, Elsevier, v. 19, n. 4, p. 182–190, 2006.

- PATTERSON, J. R.; GRABOIS, M. Locked-in syndrome: a review of 139 cases. *Stroke*, Am Heart Assoc, v. 17, n. 4, p. 758–764, 1986.
- PETIAU, G.; DUPIS, A. Noise, temperature coefficient, and long time stability of electrodes for telluric observations. *Geophysical Prospecting*, v. 28, n. 5, p. 792–804, 1980.
- PINHEIRO, C. G. et al. Alternative communication systems for people with severe motor disabilities: a survey. *BioMedical Engineering OnLine*, v. 10, n. 1, p. 31–, 2011.
- PLAY, G. *Livox 2.5*. 2016. Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.livox&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.livox&hl=pt_BR)>.
- PRABHU, V.; PRASAD, G. Designing a virtual keyboard with multi-modal access for people with disabilities. *2011 World Congress on Information and Communication Technologies*, Ieee, p. 1133–1138, dez. 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6141407>>.
- PRC. *The Accent™ is on Communication*. 2016. Disponível em: <<http://www.prentrom.com/accent>>.
- PRODUCTS, E. *Doctors communicate with vegetative patient using an fMRI machine*. 2012. Disponível em: <[http://www.electronicproducts.com/News/Doctors\\_communicate\\_with\\_vegetative\\_patient\\_using\\_an\\_fMRI\\_machine.aspx](http://www.electronicproducts.com/News/Doctors_communicate_with_vegetative_patient_using_an_fMRI_machine.aspx)>.
- QGITS. *(BCI) Brain Computer Interface Mind Controlled Video Game*. 2013. Disponível em: <<http://www.qgits.org/tech/fusionworld-mind-controlled-video-game/>>.
- RAHME, M. M. M. F. *Formação e Políticas Públicas na Educação*. [S.l.]: Paco Editorial, 2014. ISBN 9788581487076.
- RAMIREZ, A. R.; SATURNO, C. E. Protótipo de ferramenta de comunicação aumentativa e alternativa para crianças e adolescentes com paralisia cerebral. *Anais do Computer on the Beach*, p. 300–302, 2013.
- RAMSEY, N. F. et al. Towards human bci applications based on cognitive brain systems: an investigation of neural signals recorded from the dorsolateral prefrontal cortex. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 2, p. 214–217, 2006.
- RAUTARAY, S. S.; AGRAWAL, A. Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey. *Artificial Intelligence Review*, Springer, v. 43, n. 1, p. 1–54, 2015.
- REILY, L. *Escola inclusiva: linguagem e mediação*. Papirus Editora, 2004. (Educação especial). ISBN 9788530807528. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=QNzL4ZaCcS0C>>.
- RICCI, F.; ROKACH, L.; SHAPIRA, B. Recommender systems handbook. In: \_\_\_\_\_. Boston, MA: Springer US, 2011. cap. Introduction to Recommender Systems Handbook, p. 1–35. ISBN 978-0-387-85820-3. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_1)>.
- ROMAN, A. et al. A study comparing 3 low tech communication methods for people with only eye movement. In: INTERNATIONAL ALLIANCE OF ALS/MND ASSOCIATIONS. *International Symposium on ALS/MND, 2010*. [S.l.], 2010.

- SALTILLO. *NOVA chat 10*. 2016. Disponível em: <<https://saltillo.com/products/nova-chat-10>>.
- SARDINHA, r. A. et al. Um componente para detecção de piscada de olhos utilizando a interação homem-computador. In: *XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica*. [S.l.: s.n.], 2016. ISSN 2178-8308.
- SCHALK, G. et al. Brain computer interfaces (bcis): Detection instead of classification. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 167, n. 1, p. 51–62, 2008.
- SCHERER, R. et al. Frequency component selection for an ecog-based brain-computer interface. *auswahl von frequenzkomponenten aus ecog-signalen zur steuerung eines brain computer interface*. *Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering*, v. 48, n. 1-2, p. 31–36, 2003.
- SCHLOSSER, R. W.; SIGAFOOS, J. Augmentative and alternative communication interventions for persons with developmental disabilities: Narrative review of comparative single-subject experimental studies. *Research in Developmental Disabilities*, Elsevier, v. 27, n. 1, p. 1–29, 2006.
- SI, M. *Que Fala! Dá voz a quem não tem!* 2016. Disponível em: <<http://www.quefala.com.br/>>.
- SILVA, F.; PEREIRA, F. Communication between people with motion and speech disabilities. In: *Information Systems and Technologies (CISTI), 2011 6th Iberian Conference on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–4.
- SIMA'AN, K. Tree-gram parsing lexical dependencies and structural relations. In: ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS. *Proceedings of the 38th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics*. [S.l.], 2000. p. 37–44.
- SIMPSON, R. Making better decisions [modeling the assistive technology assessment]. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, v. 27, n. 2, p. 23–28, 2008. ISSN 0739-5175.
- SITARAM, R. et al. Fmri brain-computer interface: a tool for neuroscientific research and treatment. *Computational intelligence and neuroscience*, Hindawi Publishing Corporation, v. 2007, 2007.
- SMART, C. M. et al. A case of locked-in syndrome complicated by central deafness. *Nature Clinical Practice Neurology*, Nature Publishing Group, v. 4, n. 8, p. 448–453, 2008.
- SMARTBOX. *Grid 3*. 2016. Disponível em: <<https://thinksmartbox.com/product/grid-3/>>.
- SÖDERHOLM, S.; MEINANDER, M.; ALARANTA, H. Augmentative and alternative communication methods in locked-in syndrome. *Journal of rehabilitation medicine*, Medical Journals Limited, v. 33, n. 5, p. 235–239, 2001.
- SOLUTIONS, L. *Videos - EyeLink*. 2016. Disponível em: <<http://lowtechsolutions.org/pages/videos/videosEyelink.html>>.
- SORGER, B. et al. *Another kind of BOLD Response: answering multiple-choice questions via online decoded single-trial brain signals*. [S.l.: s.n.], 2009. v. 177. 275–292 p.
- SUN, G.; HU, J.; WU, G. A novel frequency band selection method for common spatial pattern in motor imagery based brain computer interface. In: *Neural Networks (IJCNN), The 2010 International Joint Conference on*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1–6.

SVFORUM. *World Cup Tech Challenge 2015*. 2016. Disponível em: <<http://www.worldcuptech.com/Edtech/>>.

SWIFTKEY. *Tecnologia de previsão inteligente para uma digitação mais fácil em dispositivos móveis*. 2016. Disponível em: <<https://swiftkey.com/pt>>.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação normality of variables: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by. *Revista HCPA*, v. 32, n. 2, p. 227–234, 2012.

TSAI, M.-J. Adults preferences between picture communication symbols (pcss) and gus communication symbols (gcss) used in aac. *Research in Developmental Disabilities*, v. 34, n. 10, p. 3536–3544, 2013.

UNITEX. *Unitex/GramLab - Corpus Processor*. 2016. Disponível em: <<http://www-igm.univ-mlv.fr/~unitex/>>.

USAKLI, A. B.; GURKAN, S. Design of a Novel Efficient Human – Computer Interface : An Electrooculogram Based Virtual Keyboard. p. 1–10, 2009.

VAUGHAN, T. M. et al. Brain-computer interface technology: a review of the second international meeting. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, v. 11, n. 2, p. 94–109, 2003.

VIEIRA, A. *Os Símbolos*. 2016. Disponível em: <<http://arivieiracet.blogspot.com.br/2011/03/os-simbolos.html>>.

VISVADER, P. *AAC Basics and Implementation: How to Teach Students who “Talk with Technology”*. 2016. Disponível em: <<http://www.swaaac.com/Files/AssessandImp/AACBasicsandImplementationBook.pdf>>.

WEISKOPF, N. et al. Physiological self-regulation of regional brain activity using real-time functional magnetic resonance imaging (fmri): methodology and exemplary data. *Neuroimage*, Elsevier, v. 19, n. 3, p. 577–586, 2003.

WESTEYN, T.; STARNER, T. Recognizing song-based blink patterns: applications for restricted and universal access. In: *Automatic Face and Gesture Recognition, 2004. Proceedings. Sixth IEEE International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 717–722.

WILKINSON, K. M.; HENNIG, S. The state of research and practice in augmentative and alternative communication for children with developmental/intellectual disabilities. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, Wiley Online Library, v. 13, n. 1, p. 58–69, 2007.

WILLS, S.; MACKAY, D. J. et al. Dasher-an efficient writing system for brain-computer interfaces? *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, IEEE, v. 14, n. 2, p. 244–246, 2006.

WILSON, B. A. et al. A case study of locked-in-syndrome: Psychological and personal perspectives. *Brain Injury*, v. 25, n. 5, p. 526–538, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3109/02699052.2011.568034>>.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in software engineering*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

YOO, S.-S. et al. Brain–computer interface using fmri: spatial navigation by thoughts. *Neuro-report*, LWW, v. 15, n. 10, p. 1591–1595, 2004.