

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial

**Sistema de transcrição da língua brasileira de sinais  
voltado à produção de conteúdo sinalizado  
por avatares 3D**

**Autora: Wanessa Machado do Amaral**  
**Orientador: Prof. Dr. José Mario De Martino**

**Tese de Doutorado** apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Elétrica. Área de concentração: **Engenharia de Computação.**

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Mario De Martino .....	DCA/FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Léo Pini Magalhães .....	DCA/FEEC/Unicamp
Prof. Dr. Plinio Almeida Barbosa.....	IEL/Unicamp
Prof. Dr. Leland McCleary.....	FFLCH/USP
Prof. Dr. Luciana Porcher Nedel .....	INF/UFRGS

Campinas, SP  
24 de setembro de 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Am13s      Amaral, Wanessa Machado do  
              Sistema de transcrição da língua brasileira de sinais  
              voltado à produção de conteúdo sinalizado por  
              avatares 3D / Wanessa Machado do Amaral.  
              --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

              Orientador: José Mario De Martino.  
              Tese de Doutorado - Universidade Estadual de  
              Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
              Computação.

              1. Computação gráfica. 2. Língua brasileira de  
              sinais. 3. Língua de sinais. I. De Martino, José Mario,  
              1958-. II. Universidade Estadual de Campinas.  
              Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.  
              III. Título.

Título em Inglês: Transcription system of brazilian sign language to create  
signed content by 3D avatars

Palavras-chave em Inglês: Computer graphics, Brazilian sign language, Sign  
languages

Área de concentração: Engenharia da Computação

Titulação: Doutora em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Léo Pini Magalhães, Plinio Almeida Barbosa, Leland  
McCleary, Luciana Porcher Nedel

Data da defesa: 24-09-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Elétrica

## COMISSÃO JULGADORA - TESE DE DOUTORADO

**Candidata:** Wanessa Machado do Amaral

**Data da Defesa:** 24 de setembro de 2012

**Título da Tese:** "Sistema de Transcrição da Língua Brasileira de Sinais Voltado à Produção de Conteúdo Sinalizado por Avatares 3D"

Prof. Dr. José Mario De Martino (Presidente): \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Leland Emerson Mcclary: \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Luciana Nedel: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Léo Pini Magalhães: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Plínio Almeida Barbosa: \_\_\_\_\_



# Resumo

Acessibilidade é uma preocupação crescente em computação. Uma vez que as informações em ambientes computacionais são apresentadas em sua maioria por meios visuais, pode-se ter a falsa impressão de que a acessibilidade para deficientes auditivos não é um problema. No entanto, para pessoas que adquirem a surdez antes da alfabetização, materiais escritos são, em geral, menos acessíveis do que se apresentados em línguas de sinais.

Para o deficiente auditivo a língua de sinais é geralmente a primeira língua adquirida, e ler um texto em uma língua escrita é o equivalente a utilizar uma língua estrangeira. Apesar de um surdo poder ser fluente em português assim como o ouvinte pode ser fluente em língua de sinais, a língua oral e escrita comumente não é sua primeira língua. É possível aprimorar a interação homem-máquina de portadores de deficiência auditiva adequando as respostas dos sistemas computacionais às necessidades dos surdos.

A libras, língua brasileira de sinais, utiliza gestos e expressões faciais para a comunicação, sendo utilizada pela comunidade brasileira de surdos e reconhecida como língua oficial do Brasil. Para criar conteúdo virtual em língua de sinais, de maneira automática, faz-se necessária a utilização de uma notação capaz de descrever os sinais. Sistemas de transcrição foram desenvolvidos para as línguas de sinais. Porém, uma vez que não foram criados com o intuito de gerar animações por computador, estes sistemas de transcrição possuem limitações, tais como ambiguidades ou omissão de informações, dificultando seu uso para os propósitos deste trabalho. Em geral, o reconhecimento e a reprodução de um sinal com o uso dos sistemas de transcrições existentes são possíveis apenas por intérpretes experientes ou por profundos conhecedores da notação.

Este trabalho propõe um sistema de transcrição para a reprodução computacional e em tempo real de conteúdo em língua de sinais através de um agente virtual sinalizador, modelo tridimensional que representa uma figura humana e que articula os sinais da libras. Para isso é necessário registrar explicitamente quantidade suficiente de informações para que a reprodução seja próxima à realidade. Apesar dos estudos das línguas de sinais existirem por quase meio século, o problema de transcrição continua um desafio. Dessa forma, a proposta de uma notação para descrever, armazenar e reproduzir conteúdo em libras por um agente virtual sinalizador em tempo real oferece uma ferramenta poderosa de estudo e pesquisa, que contribui para um melhor entendimento da língua brasileira de sinais, uma vez que ainda se conhece pouco sobre sua estrutura, gramática e fonética, quando comparado ao conhecimento adquirido ao longo dos séculos pelos estudos das línguas orais.

Palavras-chave: computação gráfica, libras, língua de sinais, XML, acessibilidade, realidade virtual, sintetização de animação, avatar, notação, sistema de transcrição.



# Abstract

Accessibility is a growing concern in computer science. As virtual information is mostly presented visually, it may seem that the access for deaf people is not an issue. However, for prelingually deaf individuals, those who were deaf since before learning any language, written information is less accessible than if it was presented in sign language.

Further, sign language is the first language deaf people learn, and reading a text in spoken language is akin to using a foreign language. The deaf can be fluent in Portuguese, as well as the listener can be fluent in sign language. Nevertheless, an oral language is a foreign language for the deaf. It is possible to improve the human-machine interaction for deaf people adapting computer systems to their needs.

Libras, Brazilian sign language, uses gestures and facial expressions to convey meaning. It is used by deaf communities in Brazil and it is recognized as an official language. To generate signed content on virtual environment, automatically, it is necessary to describe all relevant characteristics of the signs. Many transcription systems have been developed to describe sign languages. However, since these systems were not originally designed to generate computer animation, they present many limitations. In general, the recognition and reproduction of the signs using these systems is possible only for those who deeply know the notation.

This thesis presents a transcription system to provide signed content on a virtual environment, in real time, through a virtual agent, tri dimensional model that represents a human character and articulates signs in libras. To animate a virtual character, a transcription system requires enough explicit information, in order to generate intelligible articulation. Although sign language studies have been published for half century, the transcription problem remains a challenge. Hence, a transcription system to describe, store and play signed content on virtual environments offers a powerful study and research tool, which may help linguists to understand sign languages structure and grammar.

Keywords: computer graphics, sign language, XML, accessibility, virtual reality, animation synthesis, avatar, notation, transcription system.



*Para Penélope e Felipe.*



# Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por conduzir meus passos até aqui e por jamais me abandonar.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José Mario De Martino, pela orientação e dedicação.

Agradeço a minha família, que sempre me incentivou e acreditou em mim, às vezes mais do que eu mesma. Agradeço em especial aos meus pais Regina e José Luis, ao meu irmão Wagner, ao meu esposo Enzo e aos meus dois queridos filhos, Penélope e Felipe.

Agradeço à minha amiga Michelli Pohl, por me ajudar no abstract e também pelas conversas descontraídas.

Agradeço aos meus amigos, por me apoiarem em todos os momentos.

Agradeço aos colegas do LCA/DCA, que deixaram os momentos de trabalho mais agradáveis e menos solitários.

Agradeço aos funcionários da FEEC/Unicamp, pelo auxílio nas questões administrativas.

Agradeço à equipe do CEPRE/FCM/Unicamp e também da FE/Unicamp, por me apoiarem nos testes com os deficientes auditivos.

Agradeço a todos os intérpretes, professores e fonoaudiólogos que aceitaram participar dos testes e que com muita dedicação e carinho avaliaram e sugeriram melhorias no decorrer do trabalho. Em especial agradeço à Luciana Martinati Tetzner e Samantha Camargo Daroque, pela valiosa ajuda.

Agradeço a CAPES, pelo apoio financeiro.



# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xvii</b>
<b>Glossário e lista de abreviaturas e siglas</b>	<b>xxiii</b>
<b>Trabalhos relacionados publicados pela autora</b>	<b>xxv</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação.....	1
1.1.1 Relevância das línguas de sinais.....	1
1.1.2 Línguas de sinais nos computadores.....	3
1.1.3 Relevância de um sistema de transcrição das línguas de sinais.....	5
1.2 Objetivo .....	8
1.3 Contribuições .....	9
1.4 Organização do texto.....	9
<b>Revisão dos sistemas de transcrição existentes</b>	<b>11</b>
2.1 Introdução .....	11
2.2 Notação de Stokoe e suas extensões.....	15
2.2.1 Extensões da notação de Stokoe.....	19
2.2.2 HamNoSys.....	19
2.3 Notação de West.....	20
2.4 Papaspyrou.....	21
2.5 Eshkol-Wachmann.....	21
2.6 Jouison.....	21
2.7 SignFont.....	22
2.8 SignWriting.....	22
2.9 Notações de Laban e de Farnell.....	25
2.10 Liddell & Johnson.....	30
2.11 Sistema de notação por glosas .....	32
2.12 Formalismos para descrição de humanos virtuais.....	34
2.13 Considerações finais.....	37
<b>Sistema de transcrição proposto</b>	<b>39</b>
3.1 Introdução.....	39
3.2 Visão geral do sistema.....	40
3.3 Elementos e atributos do sistema de transcrição.....	43
3.3.1 Configuração de mão.....	46
3.3.2 Orientação da palma da mão .....	52
3.3.3 Punho.....	55
3.3.4 Localização.....	58
3.3.5 Posição da face durante a pose do sinal.....	69
3.3.6 Posição do corpo durante a pose do sinal.....	71
3.3.7 Movimentos.....	76
3.3.8 Sinais compostos.....	82
3.4 Sequencialidade.....	83
3.5 Exemplo de transcrição.....	85
3.6 Considerações finais.....	87

<b>Transcrição de enunciados em língua de sinais</b>	<b>89</b>
4.1 Introdução.....	89
4.2 Flexão de palavras nas línguas orais.....	90
4.3 Flexão nas línguas de sinais.....	93
4.3.1 Flexão de artigos .....	95
4.3.2 Flexão de adjetivos .....	95
4.3.3 Flexão de pronomes .....	96
4.3.4 Flexão de numerais .....	101
4.3.5 Flexão de substantivos .....	102
4.3.6 Flexão de verbos .....	102
4.4 Expressividade.....	110
4.5 Segmentação.....	111
4.6 Coarticulação.....	112
4.7 Arquitetura do sistema de transcrição de enunciados.....	115
4.8 Considerações finais.....	125
<b>Implementação do sistema de transcrição</b>	<b>127</b>
5.1 Introdução.....	127
5.2 Funcionamento geral do programa.....	127
5.3 Entrada do programa.....	128
5.4 Modelo.....	130
5.5 Pontos de localização.....	136
5.6 Transcrição dos sinais.....	142
5.7 Transcrição da configuração de mão.....	144
5.8 Processamento.....	145
5.9 Animação.....	151
5.10 Considerações finais.....	153
<b>Teste de inteligibilidade do sinalizador</b>	<b>155</b>
6.1 Introdução.....	155
6.2 Preparação do material de teste.....	155
6.3 Protocolo de teste.....	159
6.4 Sobre os participantes.....	161
6.5 Resultados.....	162
6.5.1 Avaliação das configurações de mão.....	162
6.5.2 Avaliação de sinais.....	163
6.5.3 Avaliação de enunciados.....	167
6.6 Considerações Finais.....	170
<b>Conclusões e trabalhos futuros</b>	<b>173</b>
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>179</b>
<b>Apêndice I – Gramática formal para o sistema de transcrição proposto</b>	<b>185</b>
<b>Apêndice II – Schema dos arquivos XML</b>	<b>191</b>
<b>Apêndice III – Transcrição dos sinais utilizados na avaliação</b>	<b>201</b>
<b>Apêndice IV – Parecer Consubstanciado do CEP</b>	<b>215</b>





# Lista de Figuras

Figura 2.1: Arvore genealógica dos sistemas de transcrição (Miller, 1994).....	15
Figura 2.2: Sinal CASA da ASL.....	18
Figura 2.3: Sinal CASA escrito no sistema de transcrição Stokoe.....	18
Figura 2.4: Configuração de mão B.....	18
Figura 2.5: Representação de mãos em SignWriting.....	22
Figura 2.6: sinal CASA escrito em Signwriting.....	23
Figura 2.7: Símbolo para lado da mão em SignWriting e ilustração correspondente (Stumpf).....	23
Figura 2.8: Símbolo para movimento para baixo na diagonal em SignWriting (Stumpf).....	24
Figura 2.9: Símbolo para movimento curvo para cima em SignWriting (Stumpf).....	24
Figura 2.10: Direções espaciais.....	25
Figura 2.11: Níveis para os braços.....	26
Figura 2.12: Divisão dos elementos na notação de Laban (Cordeiro, 1998).....	27
Figura 2.13: Exemplo simples da Labanotation.....	27
Figura 2.14: Símbolo de descrição dos cotovelos.....	28
Figura 2.15: Símbolo de flexão na descrição dos cotovelos.....	29
Figura 2.16: Representação de suspensão e movimento no modelo de Liddell e Johnson.....	31
Figura 2.17: Sinal LEITE da libras (Capovilla et al., 2009).....	31
Figura 2.18: Representação (parcial) do sinal LEITE no modelo de Liddell & Johnson (1989) (Xavier, 2006).....	32
Figura 2.19: Sintaxe AML.....	35
Figura 2.20: Sintaxe VHML.....	36
Figura 2.21: Sintaxe CML.....	36
Figura 3.1: Animação por keyframe.....	40
Figura 3.2: Ilustração do sistema de transcrição proposto para descrever sinais da libras.....	42
Figura 3.3: Sinal LÍNGUA DE SINAIS (Capovilla et al., 2009).....	45
Figura 3.4: Alfabeto manual (Capovilla et al., 2009).....	47
Figura 3.5: Números em libras (Capovilla et al., 2009).....	48
Figura 3.6: Configurações adicionais em libras (Capovilla et al., 2009).....	48
Figura 3.7: Juntas da mão humana .....	49
Figura 3.8: Rotações do metacarpo do polegar.....	50
Figura 3.9: Transcrição de configurações de mão.....	50
Figura 3.10: Distinção da junta medial e distal na configuração de mão.....	51
Figura 3.11: Sinal NÃO (Capovilla et al., 2009).....	52
Figura 3.12: Sinal UM(Capovilla et al., 2009).....	52
Figura 3.13: Ossos do antebraço (adaptado de McFarlane, 2010). .....	53
Figura 3.14: Movimentos do antebraço: (a) supinação, (b) neutro e (c) pronação .....	54
Figura 3.15: Extensão do punho, movimento para “cima”, ou rotação do punho no eixo Z.....	55
Figura 3.16: Rotações do punho no eixo Z.....	56
Figura 3.17: Sinal MOTO (Capovilla et al., 2009).....	57
Figura 3.18: Rotação do punho no eixo X. Desvio radial.....	57
Figura 3.19: Rotações do punho no eixo X.....	58

Figura 3.20: Modelo simplificado de um braço humano com 7 graus de liberdade, sistemas de coordenadas e eixos de rotação (Mihelj, 2006).....	60
Figura 3.21: Duas possíveis rotações de ombro e cotovelo para atingir o mesmo ponto.....	61
Figura 3.22: Modelo de localização da mão no espaço de sinalização, com 5 graus de liberdade.....	62
Figura 3.23: Mão direita localizada no ponto 0_30_-85_135_0.....	62
Figura 3.24: Proporcionalidade do corpo.....	63
Figura 3.25: Pontos de localização de contato com o rosto mapeados por Liddell & Johnson (1989).....	65
Figura 3.26: Pontos de localização de contato com o corpo mapeados por Liddell & Johnson (1989).....	66
Figura 3.27: Proporcionalidade do rosto.....	67
Figura 3.28: Pontos na mão que realizam contato.....	68
Figura 3.29: Cabeça e ombros no sistema cartesiano.....	73
Figura 3.30: Translação da cabeça.....	73
Figura 3.31: Rotação da cabeça no eixo X.....	74
Figura 3.32: Rotação da cabeça no eixo Y.....	74
Figura 3.33: Rotação da cabeça no eixo Z.....	75
Figura 3.34: Posicionamento de tronco.....	75
Figura 3.35: Sinal MACIO (Capovilla et al., 2009).....	78
Figura 3.36: Sinal DEUS (Capovilla et al., 2009).....	82
Figura 3.37: Sinal SILÊNCIO da libras (Capovilla et al., 2009).....	83
Figura 3.38: Sinal CACHORRO da libras (Capovilla et al., 2009).....	84
Figura 3.39: Exemplo de transcrição do sinal CACHORRO da libras.....	85
Figura 3.40: Alternativa de transcrição do sinal CACHORRO da libras.....	87
Figura 4.1: Formas de primeira pessoa da ASL (Moreira, 2008).....	98
Figura 4.2: Formas de não-primeira pessoa da ASL (Moreira, 2008).....	98
Figura 4.3: Pronomes pessoais da libras (Moreira, 2008).....	99
Figura 4.4: Sinal AVISAR da libras (Capovilla et al., 2009).....	103
Figura 4.5: Sinal PERGUNTAR da libras (Capovilla et al., 2009).....	105
Figura 4.6: Sinal ANDAR (pessoa) da libras (Capovilla et al., 2009).....	107
Figura 4.7: Sinal ANDAR (animal) da libras (Capovilla et al., 2009).....	107
Figura 4.8: Sinal ANDAR (carro) da libras (Capovilla et al., 2009).....	108
Figura 4.9: Sinal MEU da libras (Capovilla et al., 2009).....	111
Figura 4.10: Sinal NÃO da libras (Capovilla et al., 2009).....	113
Figura 4.11: Sinal PRECISAR da libras (Capovilla et al., 2009).....	113
Figura 4.12: sinal ARVORE da libras (Capovilla et al., 2009).....	114
Figura 4.13: Sinal PEGAR da libras (Capovilla et al., 2009).....	114
Figura 4.14: Sinal BICICLETA da libras (Capovilla et al., 2009).....	115
Figura 4.15: Flexões no sistema proposto (parte 1).....	117
Figura 4.16: Flexões no sistema proposto (parte 2).....	118
Figura 4.17: Sistema de transcrição de enunciados.....	121
Figura 5.1: Arquitetura do programa.....	128
Figura 5.2: Modelo batizado de Alicia.....	130
Figura 5.3: Sistema de coordenadas 2D.....	131
Figura 5.4: Sistema de coordenadas 3D.....	132

Figura 5.5: Posição inicial do modelo.....	132
Figura 5.6: Juntas utilizadas na mão do modelo.....	133
Figura 5.7: Juntas utilizadas no corpo do modelo.....	134
Figura 5.8: Juntas utilizadas no corpo do modelo.....	135
Figura 5.9: Location = 30_0_0_0_0. Ombro rotacionado em 30° no eixo X.....	137
Figura 5.10: Location =0_45_0_0_0. Ombro rotacionado em 45° no eixo Y.....	138
Figura 5.11: Location =0_0_-60_0_0. Ombro rotacionado em -60° no eixo Z.....	139
Figura 5.12: Location = 0_0_0_45_0. Cotovelo rotacionado em 45° no eixo Y.....	140
Figura 5.13: Location =0_0_0_0_-20. Cotovelo rotacionado em -20° no eixo Z.....	140
Figura 5.14: Location = 0_0_85_0_0. Posição de repouso. ....	141
Figura 5.15: Tela para gerar a posição das mãos. Neste exemplo, rotação apenas no eixo Z de 85 no ombro para o braço direito.....	142
Figura 5.16: Sinal SURDO da libras (Capovilla et al., 2009).....	143
Figura 5.17: Configuração de mão da letra A.....	144
Figura 5.18: Ciclo de vida do processamento do programa.....	146
Figura 5.19: Exemplo de movimentação do personagem.....	147
Figura 5.20: Exemplo de movimentação do antebraço.....	149
Figura 5.21: Exemplo de movimentação do punho.....	150
Figura 5.22: Rotações do punho.....	151
Figura 5.23: Interface do programa.....	152
Figura 6.1: Sinais utilizados no teste de inteligibilidade do avatar.....	157
Figura 6.2: Tela da ferramenta utilizada para o teste de inteligibilidade do sinalizador virtual...160	160
Figura 6.3: Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade do avatar.....	163
Figura 6.4: Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade dos vídeos reais.....	164
Figura 6.5: Porcentagem de acertos e erros no teste de legibilidade do sinalizador virtual.....	165
Figura 6.6: Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade das datilogias do avatar.....	167



## Lista de tabelas

Tabela 4.1: Exemplos de flexão de gênero.....	93
Tabela 4.2: Exemplos de intensificadores por repetição.....	94
Tabela 4.3: Concordância verbal na libras segundo Brito (1995).....	109
Tabela 4.4: Exemplos da utilização de advérbios de tempo na libras .....	110
Tabela 5.1: Rotações do antebraço.....	148
Tabela 5.2: Rotações do punho no eixo Z.....	150
Tabela 5.3: Rotações do punho no eixo X.....	150
Tabela 6.1: Resultados normalizados do teste de inteligibilidade.....	166



## Glossário e lista de abreviaturas e siglas

3D	Tridimensional.
ASL	American Sign Language.
AVATAR	Representação de uma pessoa virtual, figura criada à imagem do usuário, permitindo sua personalização no computador.
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa.
CEPRE	Centro de Estudos e Pesquisas em Reabilitação
CONSTITUINTE	Neste trabalho o termo é utilizado para designar uma parte constituinte de uma frase.
DATILOGIA	Soletração de palavra com o uso do alfabeto manual de uma língua de sinais.
FCM	Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp
FRASE	Sequência linear de palavras que ocorrem numa determinada ordem, sendo que cada língua estipula essa ordem.
FE	Faculdade de Educação da Unicamp
GLOSA	Palavra da língua oral que identifica de forma escrita um sinal de uma língua sinalizada.
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais.
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
WISEMA	Postura labial estática que é visualmente contrastiva a outra e que pode ser associada à realização acústica de um fonema.



# Trabalhos relacionados publicados pela autora

## Artigos Publicados em Congressos

Amaral, W. M., Angare, L., De Martino, J. M. (2011). Sign Language 3D Virtual Agent. *International Conference on Education and Information Systems, Technologies and Applications* (EISTA 2011). Florida, USA.

Amaral, W. M., Angare, L., Bezerra, J., De Martino, J. M., Franchi Jr, G. O. (2011). Agente Virtual 3D Sinalizador libras. *VI Congreso Iberoamericano Sobre Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad* (Iberdiscap 2011). Espanha.

Amaral, W. M., De Martino, J. M. Towards a Transcription System of Sign Language for 3D Virtual Agents. In: Tarek Sobh, Khaled Elleithy. (Org.). <http://www.springer.com/computer/swe/book/978-90-481-9111-6>. Bridgeport: Springer, 2010, v. 1, p. 85-90.

Amaral, W. M., De Martino, J. M. Modelo de transcrição da Língua de Sinais Brasileira voltado a implementação de agentes virtuais sinalizadores, *Interaction 09 | South América*. São Paulo, 2009.

## Pedido de Depósito de Patente

DE MARTINO J. M.; AMARAL, W. M. *Sistema e método para geração de conteúdo em língua de sinais apresentado por agente virtual tridimensional*. Data do depósito junto ao INPI: 27 de outubro de 2011. Nº do Protocolo: 018110042192 – PI. Número PI: PI1104855-7.



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Motivação

#### 1.1.1 Relevância das línguas de sinais

De acordo com o IBGE (Censo 2010), o Brasil possui 9,7 milhões de brasileiros com algum grau de deficiência auditiva, mais de cinco por cento da população. A deficiência auditiva severa, pessoas com grande dificuldade ou incapazes de ouvir, foi declarada por 2,1 milhões de pessoas.

As línguas de sinais são utilizadas pelos surdos para a comunicação. A legislação brasileira reconhece, pela Lei 10.436/2002, que a libras é uma língua oficial do Brasil. O ensino bilíngue reconhecido por Lei inclui o ensino de libras como disciplina curricular nos cursos de fonoaudiologia, pedagogia, educação especial e licenciaturas.

A libras portanto não é a simples gesticulação da língua portuguesa, nem tampouco articulações mímicas, e sim uma língua distinta, que possui as suas características próprias e é composta por todos os níveis linguísticos: o fonológico, o morfológico, o sintático e o semântico, como qualquer outra língua. Aquele que sabe o português e a libras é considerado uma pessoa bilíngue.

Cada país possui a sua língua de sinais, por exemplo, o ASL (American Sign Language) nos Estados Unidos, o LFS (Langue des signes Française) na França e o LSI (Lingua di Segnale Italiana) na Itália.

A língua de sinal de um país é tipicamente independente da língua local utilizada pelos ouvintes. Isso fica claro quando analisamos por exemplo os países lusófonos. No Brasil existe a Língua Brasileira de Sinais, em Portugal, a Língua Gestual Portuguesa, em Angola existe a

Língua Angolana de Sinais, em Moçambique existe a Língua Moçambicana de Sinais e em Guiné-Bissau existe a Língua de Sinais Guineense.

Dentro de um mesmo país a língua de sinais pode possuir dialetos, o que ocorre inclusive com a libras.

O surdo não possui necessariamente um entendimento claro do português escrito, uma vez que sua língua materna, geralmente, é a língua de sinais. Estudos (Kennaway et al., 2007) demonstram que o desempenho de leitura de crianças surdas geralmente é inferior quando comparado ao desempenho de leitura de crianças com audição normal. Nestes estudos, adolescentes entre sete e vinte anos obtiveram desempenho médio equivalente a uma criança de sete anos sem deficiência auditiva. Apenas vinte e cinco por cento tiveram desempenho igual ou superior ao de uma criança de nove anos com audição normal. Assim, em situações em que as informações são apresentadas de maneira escrita, essa parcela da população encontra-se em posição desfavorável.

A insistência na oralização pode atrasar a aquisição de uma língua pelo indivíduo que nasceu surdo, dificultando assim a inserção de uma língua sinalizada, chegando a levar o deficiente auditivo a um atraso cognitivo (Nader, 2011). A aquisição tardia de uma língua restringe as possibilidades comunicativas da criança em alguns círculos sociais e ainda dificulta a aprendizagem de conteúdos veiculados pela língua formal (oral ou de sinais), fundamentais para o desenvolvimento cognitivo.

O estudo de Nader (2011), fundamentado na neurolinguística, demonstra a importância da aquisição da língua de sinais desde a primeira infância pelos surdos e a relação entre surdez e atraso cognitivo. Segundo Nader (2011) existe a ideia preconceituosa que atribui aos surdos uma incapacidade cognitiva. No entanto, o trabalho esclarece a impossibilidade de desenvolvimento cognitivo de qualquer ser humano na ausência de uma língua. O trabalho apresenta discussões referentes ao funcionamento neurofisiológico na surdez, e aponta outros trabalhos que comprovam o efeito da plasticidade do cérebro quando uma das vias sensoriais – no caso a auditiva – está ausente. Pesquisas com neuroimagem têm revelado que as áreas mais especializadas para as associações auditivas são ocupadas por funções visuoespaciais, em crianças que aprendem línguas de sinais na primeira infância. Este é um funcionamento diferente, mas que permite que pessoas surdas desenvolvam todas as atividades linguístico-cognitivas mais complexas, porém com o uso de língua de sinais.

### 1.1.2 Línguas de sinais nos computadores

Como mencionado na seção anterior, pessoas com deficiência auditiva, sobretudo aquelas que nasceram surdas ou que não foram alfabetizadas antes de adquirir a deficiência, enfrentam dificuldades no acesso ao conteúdo escrito. Este conteúdo abrange desde livros até conteúdo digital.

Os computadores e sobretudo a internet são utilizados atualmente na criação e divulgação de conteúdo em diversas áreas, entre elas ferramentas de apoio à educação, ensino à distância, entretenimento, divulgação de informação, para citar algumas.

As informações são apresentadas no computador, de maneira geral, de forma escrita ou através de áudio e vídeo, algumas vezes legendados. Existem iniciativas de oferecer acessibilidade computacional aos deficientes auditivos, porém este campo de pesquisa encontra-se em fase inicial, e nenhuma ferramenta é amplamente aceita e utilizada pelos surdos.

Uma forma de apresentar conteúdo sinalizado é através de vídeos, gravando a sinalização de um surdo ou intérprete real. Arquivos de vídeo digital são formas de armazenamento conhecidas universalmente. A produção de conteúdo utilizando computadores bem como a reprodução através da World Wide Web estão se tornando amplamente disponíveis. Como resultado, a criação e distribuição de conteúdo de vídeo em língua de sinais estão acessíveis não apenas para grandes empresas mas também para usuários utilizando computadores residenciais.

A criação de mídia de vídeo é utilizada atualmente não só para apresentação de conteúdo como também para o ensino da língua de sinais. Essa opção porém possui desvantagens, entre as quais destacam-se:

- Custo. Uma vez que se faz necessário o uso de infraestrutura física específica, como câmera de vídeo, sala apropriada para gravação, com iluminação e fundo adequados.
- Participação de pessoas treinadas que conheçam em detalhes a língua de sinais. Para gravar conteúdo de vídeo em língua de sinais é necessária a participação de pelo menos um intérprete experiente.

- **Manutenção.** Para a criação de um vídeo consistente é necessário haver continuidade, utilizando a mesma pessoa para reproduzir os sinais, com as mesmas roupas e o mesmo fundo. Dessa forma, criar pequenas partes de vídeo e depois agrupá-las para formar um único material não é tarefa trivial. A cada detalhe alterado no conteúdo, novo vídeo tem de ser produzido, tornando difícil a manutenção do material e aumentando os custos.
- **Atualização de conteúdo.** Por exemplo, se um website é constantemente atualizado, o uso de vídeo com intérpretes para traduzir o mesmo conteúdo pode ser pouco eficiente, pois será necessário regravar o vídeo frequentemente.
- **Transmissão e armazenamento.** Trabalhar com arquivos de vídeo é outra dificuldade, uma vez que geralmente são arquivos grandes. É necessária uma conexão de internet rápida e estável para a transmissão e recepção de vídeos. Para armazenamento, é preciso utilizar unidades de disco rígido ou DVD. Por exemplo, um vídeo de 2 minutos em formato MPEG-4 contendo o alfabeto em ASL (*American Sign Language*) ocupa 6,62 MB de espaço em disco, o equivalente a 6.946.816 bytes. Um arquivo de texto contendo a descrição do mesmo conteúdo no sistema de transcrição proposto pelo presente trabalho ocupa 4 KB, o equivalente a 4.096 bytes. Neste caso, o arquivo de vídeo é cerca de 1696 vezes maior do que o arquivo de texto que descreve o mesmo conteúdo, para apenas 2 minutos de sinalização.
- **Indexação.** Para posterior busca pelo conteúdo de vídeo é necessário que o material seja indexado, caso contrário, existe a possibilidade de se obter um excesso de informações desorganizadas, de difícil acesso e sem possibilidade de pesquisas e buscas.

Um agente virtual sinalizador é um modelo tridimensional que representa uma figura humana e que articula em língua de sinais. Esta opção mostra-se como uma alternativa conveniente ao uso de vídeos. Entre as vantagens, destaca-se que a criação de conteúdo em língua de sinais poderá ser realizada por uma única pessoa utilizando um computador, sem a necessidade de equipamentos especiais para captura e processamento de vídeos. O conteúdo também pode ser criado mais facilmente, por pessoas não necessariamente treinadas e com fluência em língua de sinais. Há a possibilidade de geração de conteúdo em tempo real. Dessa forma, a continuidade também deixa de ser um problema, uma vez que o conteúdo poderá ser alterado a qualquer momento, sem a necessidade de regravar a sequência de sinalização inteira. O armazenamento do conteúdo é outra

vantagem. O espaço em disco no computador requerido para armazenar a descrição dos sinais é bastante inferior se comparado ao armazenamento de arquivos de vídeo. A transmissão do conteúdo também é facilitada, uma vez que o conteúdo transcrito pode ser armazenado em arquivos de texto, que são menores e mais fáceis de serem transmitidos em comparação à arquivos de vídeo. Existe ainda a possibilidade de oferecer ao usuário controle adicional sobre o material transmitido, como alteração do ponto de vista durante a reprodução para que o sinal seja mais bem visualizado, o que é impossível na reprodução por vídeo.

A animação de língua de sinais por meio de agentes virtuais é portanto uma alternativa ao uso de vídeos de intérpretes reais. Os agentes virtuais, ou avatares, fazem parte de pesquisas que buscam aumentar a acessibilidade computacional dos deficientes auditivos. No entanto, as soluções apresentadas na literatura até o momento para a animação de agentes virtuais sinalizadores possuem limitações. Para reproduzir virtualmente a sinalização de línguas de sinais é necessário conhecimento profundo da estrutura linguística dos sinais, a fim de recriar todos os detalhes relevantes para o entendimento dos sinais pela comunidade de surdos. Para uma sinalização realista e mais próxima da língua utilizada pelos surdos não basta manter um dicionário de sinais e reproduzi-los em sequencia. Faz-se necessária a incorporação de outras características da sinalização, como coprodução por exemplo, no agente virtual sinalizador. Em outras palavras, é necessário utilizar um sistema de transcrição das línguas de sinais, a fim de registrar as informações necessárias para gerar animação computacional por meio de avatares.

### **1.1.3 Relevância de um sistema de transcrição das línguas de sinais**

Com o intuito de implementar um agente virtual sinalizador é necessário utilizar um sistema de transcrição de língua de sinais que registre todos os detalhes relevantes com o objetivo de reproduzir a naturalidade e espontaneidade presentes no trabalho do intérprete real, na tentativa de garantir o entendimento do sinal reproduzido.

Os sistemas de transcrição tradicionais, como Stokoe, SignWriting e HamNoSys, que serão apresentados no Capítulo 2, não foram desenvolvidos com o intuito de gerar animações, nem tampouco registrar frases inteiras, mas apenas sinais isolados. E mesmo assim, muitas informações importantes para a reprodução do sinal são omitidas. Algumas informações

implícitas podem facilmente ser deduzidas por intérpretes reais, mas o mesmo não acontece com o uso de um intérprete virtual.

Apesar dos esforços na área, ainda não há consenso sobre a estrutura das línguas de sinais (McCLEary & Viotti, 2007). Os linguistas da área buscam entender quais informações são relevantes e devem ser registradas nas transcrições. No entanto, as pesquisas linguísticas sobre língua de sinais existem há pouco mais de meio século, tendo como pioneiro o trabalho de Stokoe (1960). Diferentemente das línguas orais, que há milhares de anos têm sido representadas por um sistema quase-fonológico, o alfabético, as línguas sinalizadas carecem de qualquer sistema de escrita largamente aceito, que possa servir como base de uma transcrição própria. Desse modo, ainda não existe um sistema de transcrição tradicional e consolidado para a descrição das línguas de sinais, muito menos voltado para fins computacionais.

Surge então a necessidade da criação de um sistema de transcrição abrangente, contendo o maior número de informações relevantes, para garantir a animação automática, e sobretudo realista, de agentes virtuais sinalizadores.

Dentre as contribuições que o sistema de transcrição proposto pelo presente trabalho busca oferecer, destacam-se como principais a possibilidade de:

- Gerar conteúdo, de forma automática, e em tempo real. No presente trabalho não existe nenhuma animação pré-gravada. Apenas as descrições dos sinais são armazenadas. Dessa forma, a animação do personagem é gerada toda vez que o usuário, através da interface do programa, solicitar visualizar a animação. Diz-se portanto que a animação é gerada de forma automática (sem a interferência do usuário no processo de gerar a animação) e em tempo real (ao clicar do mouse). Um sistema de transcrição que detalhe as características dos sinais possibilita o desenvolvimento de ferramentas que, a partir do conteúdo transcrito, gere animações em qualquer língua de sinais.
- Transcrever, além de sinais isolados, frases em língua de sinais, prevendo a sinalização de coarticulação e a inflexão de verbos.
- Indexar e compartilhar material já existente. Um sistema de transcrição para língua de sinais pode ser utilizado para catalogar material existente, oferecendo uma maneira eficiente de compartilhar dados sobre o material publicado com outros pesquisadores.

- Criar um dicionário de sinais classificado por traços distintivos. É possível classificar os sinais através de suas características indivisíveis, por exemplo, sinais de uma ou duas mãos, com ou sem movimento, assim por diante. Para se produzir um dicionário de língua de sinais que permita ao utilizador procurar um sinal por diferentes características, um banco de dados organizado ao longo das linhas fonológicas é indispensável.
- Realizar manipulações estatísticas dos sinais. Ter um banco de dados de sinais com suas respectivas descrições fonológicas pode tornar mais fácil para um usuário executar automaticamente diversos tipos de manipulações estatísticas dos dados. Embora seja possível armazenar descrições fonológicas na forma de prosa, uma abreviação dessa descrição através do uso de um sistema de transcrição ocupará menos espaço de armazenamento e facilitará posteriores buscas pelo conteúdo (Miller 1994).
- Dar um passo em busca de uma notação padrão para as línguas de sinais. Uma vez que ainda se conhece pouco sobre a estrutura das línguas de sinais, todo trabalho que busca descrevê-la, pode resultar em uma melhor compreensão das línguas gestuais-visuais.
- Poupar tempo e esforço dos pesquisadores. Com o uso de um sistema de transcrição é possível diminuir o tempo gasto na produção de fotografias, desenhos e vídeos para a descrição das mãos e ao mesmo tempo permitir que os pesquisadores apresentem de forma explícita as características dos sinais que são relevantes às suas aplicações.
- Facilitar o acesso dos usuários surdos ao conteúdo em língua de sinais. A apresentação de informações em uma notação padrão que seja amplamente conhecida entre os pesquisadores de língua de sinais evita que os leitores de sinais tenham que aprender vários sistemas de transcrição a fim de acompanhar os dados das publicações disponíveis.
- Reproduzir os sinais da libras em qualquer dispositivo digital. Dessa maneira, as transmissoras de TV digital, por exemplo, podem se beneficiar do sistema para aumentar a acessibilidade dos deficientes auditivos oferecendo uma alternativa ao sistema *Closed Caption* utilizado atualmente.

É importante ressaltar a relevância social deste trabalho, que visa não somente oferecer uma ferramenta computacional para sinalização da libras e inclusão digital dos surdos, mas um sistema de transcrição das línguas de sinais, em particular da libras. Este trabalho possui um

caráter multidisciplinar, cujo resultado auxiliará também nas pesquisas linguísticas das línguas de sinais.

## 1.2 Objetivo

Este trabalho tem por objetivo apresentar um sistema de transcrição para descrever as línguas de sinais com o intuito de gerar animação por computador. O segundo objetivo é criar um programa de computador que gere a animação em libras através de um avatar 3D por meio do sistema de transcrição proposto.

Analisando os elementos dos sistemas de transcrição existentes, foram observadas algumas informações inexistentes ou incompletas, que são imprescindíveis para a reprodução computacional de conteúdo em língua de sinais e serão incluídas neste trabalho.

Dessa forma, podemos resumir o objetivo do trabalho como sendo criar um sistema de transcrição das línguas de sinais para fins computacionais que contenha as seguintes características:

- Estruturação das características descritivas dos sinais de maneira organizada e hierárquica.
- Descrição explícita de simultaneidade e sequencialidade dentro de um sinal.
- Contextualização e parametrização de sinais, como um primeiro passo na criação de um sistema de transcrição para criação de conteúdo sinalizado.
- Descrição detalhada de expressões não manuais, como faciais e corporais.
- Utilização do princípio da simetria, que torna a descrição mais compacta e diminui a chance de falhas.
- Descrição de configuração de mão, pontos de localização no espaço de sinalização e outras características, de um ponto de vista geométrico.
- Descrição de sinais compostos.
- Descrição de configuração de mão utilizando as três juntas, proximal, medial e distal.
- Utilização de uma notação textual, mais adequada para fins computacionais, tornando sua implementação por programa de computadores mais fácil e direta.

### **1.3 Contribuições**

De forma sucinta, esta seção aponta as contribuições diretas deste trabalho. Em primeiro lugar, uma contribuição é a análise e o levantamento de quais características são necessárias e suficientes para a descrição de sinais da libras para posterior animação de personagens 3D. Segundo, o trabalho oferece um sistema de transcrição da libras que descreve os sinais através das características identificadas, organizando as informações de forma hierárquica e explícita. Em terceiro lugar, foi implementada uma ferramenta que lê os sinais transcritos pelo sistema proposto e gera conteúdo sinalizado. A ferramenta é independente de personagem 3D e foi avaliada, pelos próprios deficientes auditivos, sendo que os resultados revelaram que os sinais transcritos e animados pelo personagem 3D são inteligíveis.

### **1.4 Organização do texto**

Este trabalho está organizado da seguinte maneira. No Capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica dos sistemas de transcrição existentes na literatura. No Capítulo 3 é apresentado o sistema de transcrição de sinais. No Capítulo 4 é apresentado o sistema de transcrição de enunciados. No Capítulo 5 são apresentados detalhes da implementação do agente virtual sinalizador, que utiliza o sistema de transcrição proposto para realizar a animação do modelo. No Capítulo 6, são apresentados os resultados das avaliações realizadas. No Capítulo 7, são apresentadas as conclusões finais e trabalhos futuros.



## Capítulo 2

### Revisão dos sistemas de transcrição existentes

#### 2.1 Introdução

O estudo dos movimentos do corpo e das expressões faciais humanas não é um campo novo de pesquisa. Movimentos e expressões faciais são utilizados há séculos por artistas em geral, como atores, dançarinos e pintores, para atribuir realismo e sentimento às suas obras. Mais recentemente, *designers* gráficos e de animação por computador também estudam as expressões corporais e faciais, a fim de transmitir emoção e personalidade a personagens virtuais.

Desde meados de 1950 estudiosos tentam criar sistemas de transcrição para descrever movimentos. Um dos primeiros registros de um sistema de transcrição para língua de sinais é de Stokoe (1960). Uma grande variedade de sistemas de transcrição surgiram desde então. Porém, segundo McCleary & Viotti (2007), os sistemas de transcrição disponíveis atualmente não têm atingido aceitação ampla na literatura linguística pela dificuldade de leitura que apresentam para pessoas não especialmente treinadas. Apesar de as línguas sinalizadas serem estudadas pelos linguistas por mais de meio século, o problema de sua transcrição continua sendo um desafio sem solução clara.

Miller (1994) aponta algumas deficiências dos principais sistemas de transcrição das línguas de sinais. Em particular, para os propósitos do presente trabalho, é interessante listar as principais dificuldades em se adaptar os sistemas de transcrição existentes para produção automatizada de conteúdo sinalizado com o uso de programas de computador. São elas:

- Sequencialidade. Incapacidade de descrever vários acontecimentos que ocorrem simultaneamente.
- Falta de descrição de localização de um ponto de vista geométrico.

- Uso de descrição icônicas/imagéticas ao invés de textual. Dessa forma a transcrição dos sinais para uma aplicação computacional é dificultada.
- Falta de descrição de expressões não manuais, como as faciais: piscar de olhos e movimentação da boca, entre outras. As expressões faciais são importantes e muitas vezes fundamentais para a interpretação correta de uma sinalização.

Para melhor exemplificar o problema da descrição de língua de sinais para uso computacional esta seção aponta quais as características um sistema de transcrição precisa ter para ser interpretado por um programa de computador. Ou melhor, é traçado um perfil esperado de um sistema de transcrição para que o mesmo seja compatível com a implementação de avatares sinalizadores.

Em primeiro lugar, como aponta Miller (1994), um sistema de transcrição para fins computacionais deve ser capaz de descrever eventos que ocorram simultaneamente. Por outro lado, algumas características do sinal devem ser reproduzidas em sequência. Por exemplo, um sinal pode iniciar com uma configuração de mão A, em seguida realizar um movimento com a mesma mão e finalizar o sinal com uma configuração de mão B. Esta sequencialidade de eventos não pode ser alterada, pois caso contrário a sinalização resultante não passará o mesmo significado. Portanto, o sistema de transcrição deve obrigatoriamente distinguir entre sequencialidade e simultaneidade de eventos. Em outras palavras, algumas características do sinal devem ser claramente descritas como sendo simultâneas, enquanto outras devem ser descritas de forma sequencial. Identificar quais são estas características é tarefa indispensável para a criação de uma notação consistente.

Outro ponto importante a ser considerado é que para criar conteúdo sinalizado não basta descrever sinais isolados. É necessário descrever também a maneira como esses sinais comportam-se quando contextualizados. Em sinalizações reais geralmente os sinais são parametrizados de alguma maneira para que façam sentido no contexto da frase. Por exemplo, existe a flexão verbal na libras, que altera características do sinal, como localização, orientação ou número de repetições do movimento de um sinal. É desejável que estas e outras parametrizações do sinal sejam descritas em um sistema para produção automática de conteúdo sinalizado. A descrição de frases em libras será detalhada no Capítulo 4.

Outra característica necessária de um sistema de transcrição de língua de sinais para fins computacionais é a descrição detalhada de expressões não manuais, como movimentos de cabeça, tronco e face.

O sistema de transcrição deve também descrever, de forma única e não ambígua, as configurações de mão, para que as juntas dos dedos sejam corretamente manipuladas a fim de alcançar a pose desejada. A configuração de mão é de extrema importância no entendimento de um sinal, de maneira que alguns sinais distinguem-se apenas por esta característica.

Um sistema de transcrição para fins computacionais deve também conter informações que descrevam detalhadamente a movimentação do personagem virtual. A velocidade do movimento é uma dessas informações. Os sinais apresentam velocidade de sinalização diferentes, ou seja, as mãos movem-se de maneira mais rápida ou mais lenta de acordo com o sinal. Há situações em que em um mesmo sinal existe variação de velocidade das mãos, acelerando ou desacelerando o movimento. E a velocidade de sinalização pode variar também com a contextualização dos sinais dentro de uma frase.

A repetição do movimento é outra informação importante para criar uma boa sinalização virtual. Alguns movimentos repetem-se por um número variável de vezes. Outros porém repetem-se por um número fixo de vezes. E existem situações em que o movimento se repete até que uma condição seja satisfeita. Por exemplo, alguns sinais movimentam os dedos enquanto a mão também se movimenta, deslocando-se pelo espaço. Neste caso, não existe um número exato de vezes em que o movimento dos dedos se repete, ou seja, o movimento de dedos vai se repetindo até que a mão pare de se movimentar pelo espaço.

Ainda em relação ao movimento, temos a dinâmica das mãos, ou seja, se as mãos movem-se juntas, espelhadas ou alternadas, por exemplo. Esta informação também deve estar contida no sistema de transcrição.

Miller (1994) aponta ainda duas características importantes de uma notação: a descrição da localização das mãos de um ponto de vista geométrico e a utilização de uma notação textual, em contraste com a notação icônicas/imagéticas comumente utilizada pelos sistemas de transcrições.

Em resumo, as características mínimas necessárias de um sistema de transcrição para fins computacionais são listadas a seguir:

- simultaneidade e sequencialidade de ações

- contextualização e parametrização de sinais
- expressões não manuais, como faciais e corporais
- configuração de mão
- velocidade de movimento
- repetição de movimento
- dinâmica de movimento
- pontos de localização no espaço tridimensional de um ponto de vista geométrico
- notação textual.

Além das características listadas acima existem outras que, embora não sejam indispensáveis, auxiliam e facilitam a descrição de um sinal.

Alguns sinais são chamados de compostos por serem formados pela junção de dois ou mais sinais. Para uma descrição computacional de sinais compostos é desejável que o sistema de transcrição seja capaz de citar os dois sinais componentes, dispensando o usuário de descrevê-los novamente.

Outra característica desejável em um sistema de transcrição é a possibilidade de descrever a condição de simetria das mãos, caso ela esteja presente em um sinal. Existem sinais que possuem configuração de mão e movimentos simétricos. Para estes sinais é interessante permitir ao usuário descrever a configuração de mão e movimento de apenas uma das mãos, e indicar que para a outra mão a sinalização deve ser simétrica.

Dessa forma, além das características necessárias de um sistema de transcrição, podemos listar as características desejáveis, como segue:

- descrição de sinais compostos
- descrição de condição de simetria das mãos

Com as características necessárias somadas às características desejáveis é possível traçar um perfil desejável de um sistema de transcrição para que o mesmo seja implementado com sucesso em um sinalizador virtual das línguas de sinais.

Miller (1994) estabeleceu uma relação entre os principais sistemas de transcrição, ilustrada na Figura 2.1.

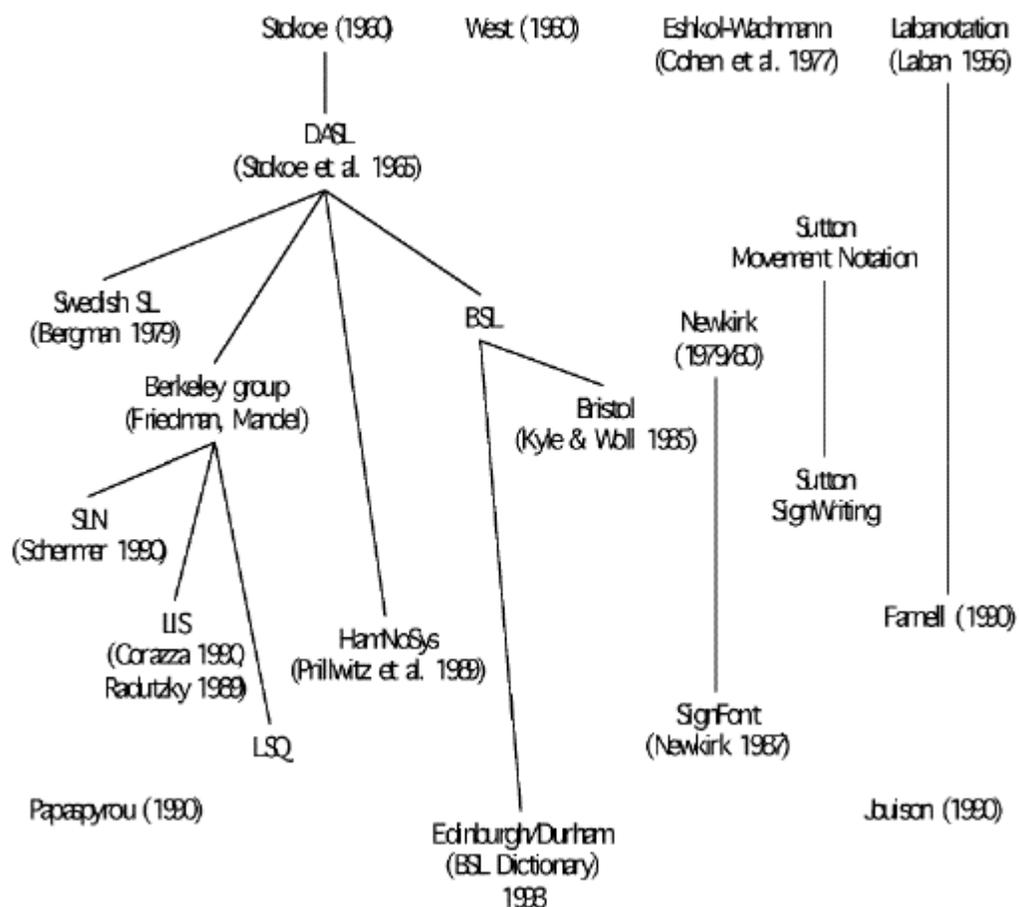


Figura 2.1: Árvore genealógica dos sistemas de transcrição (Miller, 1994).

As próximas sessões discutem os sistemas da Figura 2.1 e outros recursos adicionais utilizados pelos linguistas para descrever conteúdo sinalizado.

## 2.2 Notação de Stokoe e suas extensões

Um dos primeiros trabalhos voltados à análise e registro de uma língua de sinais foi apresentado em 1960 por Stokoe (Stokoe, 1960).

O sistema de transcrição de Stokoe é baseado no alfabeto latino e foi criado para descrever a língua de sinais americana ASL na busca de mostrar que ela seria uma língua natural.

Stokoe demonstrou que, ao contrário do que se pensava na época, os sinais não são gestos e mímicas. Os itens lexicais da ASL, e por extensão das demais línguas de sinais, são, assim como as palavras das línguas orais, passíveis de decomposição em unidades menores.

Stokoe propôs que essas unidades, que chamou de querema - *chereme*, do grego *khéir*, mãos (Leite, 2008) - ocorrem simultaneamente e são de três tipos:

- *Designator*: configuração de mão. Disposição dos dedos durante a produção dos sinais.
- *Tabula* : localização. Lugar no corpo ou em frente a ele em que os sinais são realizados.
- *Signation*: movimento. Forma como a mão se desloca no espaço para articular um sinal.

Stokoe referiu-se aos queremas como sendo elementos sem significado que combinados formam os sinais de uma língua, analogamente aos fonemas das línguas faladas (Liddell & Johnson, 1989). O termo querema acabou sendo abandonado por pesquisadores das línguas de sinais, sendo chamados atualmente de traços dos sinais (Leite 2008).

Pela Figura 2.1 é possível notar que o sistema de transcrição proposto por Stokoe gerou extensões e algumas adaptações foram propostas. No entanto, para os propósitos deste trabalho, a notação de Stokoe foi considerada insuficiente. Comparando a notação com o perfil traçado na seção 2.1, é possível apontar algumas dificuldades em sua utilização como um sistema de transcrição de conteúdo em língua de sinais para fins computacionais.

Uma grande dificuldade de utilizar a notação de Stokoe para gerar conteúdo de forma automática é sua característica sequencial. Stokoe não descreve explicitamente a simultaneidade de eventos que ocorrem nas línguas gestuais. Esta estrutura sequencial de Stokoe dificulta a compreensão dos sinais pela leitura da transcrição. Para conhecedores da transcrição de Stokoe e das línguas de sinais, a reprodução dos sinais através de uma descrição textual pode não ser complicada. No entanto, para criar um programa de computador que realize a sinalização automaticamente, a sequencialidade da transcrição dificulta o trabalho, uma vez que para a reprodução deve-se considerar que os sinais são compostos por *Designator* (configuração), *Tabula* (localização) e *Signation* (movimento) ocorrendo simultaneamente.

Por outro lado, a estrutura interna dos sinais nem sempre é simultânea (Leite, 2008). Por exemplo, o sinal SURDO da libras envolve dois toques com o dedo indicador no rosto, um primeiro toque na região abaixo da orelha e um segundo na região ao lado da boca, com a trajetória em arco entre os dois pontos. Trocar a ordem desses movimentos resulta em um sinal inexistente na libras. Dessa maneira, o sinal SURDO apresenta uma sequencialidade que não pode ser ignorada no sistema de transcrição proposto.

A notação de Stokoe não representa de maneira adequada a simultaneidade e sequencialidade de eventos que ocorre nas sinalizações.

Outra restrição de Stokoe é o fato de trabalhar com um número finito de configurações de mãos, atribuindo a cada uma um símbolo. Dessa forma, para descrever uma nova configuração de mão, um símbolo já existente e que mais se aproxime à nova configuração é utilizado. Uma vez que a língua de sinais não é estática, ou seja, novos sinais podem surgir necessitando de configurações não existentes, a limitação das configurações de mão é um problema.

Outra limitação do sistema de transcrição de Stokoe é a falta de representação de expressões não manuais, que são fundamentais para o entendimento de muitos sinais, como por exemplo a representação de expressões faciais. O trabalho de Liddell (1978) mostra que para reproduzir uma história com personagens sem nome, os sinalizadores podem utilizar expressões da face distintas para atribuir os sinais reproduzidos aos diferentes personagens. No entanto, outras expressões não manuais também podem ser utilizadas durante a sinalização.

Para exemplificar a notação de Stokoe considere o sinal CASA da ASL articulado com as duas mãos planas apontadas para cima e com a ponta dos dedos de ambas as mãos se tocando, conforme ilustra a Figura 2.2. Desta posição, as mãos se separam e movem-se na diagonal para baixo por uma pequena distância, e depois continuam descendo, mas em linha reta. Este movimento traça o contorno do telhado e das paredes de uma casa.

A Figura 2.3 mostra o sinal CASA escrito no sistema de transcrição de Stokoe.

O sinal é articulado com as duas mãos, com a mesma configuração de mão utilizada na letra B, mão plana (Figura Figura 2.4<sup>1</sup>). Por isso a descrição de CASA começa com duas letras B.

---

<sup>1</sup> <http://www.acessobrasil.org.br/libras/> Acessado em: 01/05/2011.



Figura 2.2: Sinal CASA da ASL.<sup>2</sup>

*Sinal CASA (ASL): Mãos em configuração de B, pontas dos dedos das duas mãos se tocam. Mãos movem-se separadamente, de maneira espelhada, afastando-se uma da outra com um movimento para baixo e na diagonal. Depois de um tempo, as mãos continuam a descer, mas num movimento reto, não mais na diagonal. O movimento realizado lembra o contorno do telhado e das paredes de uma casa.*

$B_{\wedge}^{\prime} B_{\wedge} \downarrow$

Figura 2.3: Sinal CASA escrito no sistema de transcrição Stokoe.



Figura 2.4: Configuração de mão B.

As mãos apontam para cima, por isso o sinal de  $\wedge$  subscrito na letra B. O apóstrofo sobrescrito na letra B ( $\prime$ ) indica *next to*, ou seja, os dedos das mãos se tocam. O sinal de  $\div$  indica que as mãos movem-se separadamente (Stokoe 1960) e o sinal de  $\downarrow$  indica que esse movimento é para baixo. No entanto a notação não descreve que o movimento para baixo primeiro é na diagonal e depois é reto. Não é descrito também como ocorre o contato entre as duas mãos, qual parte dos dedos toca qual parte da outra mão, por exemplo.

Outra característica da notação de Stokoe é a descrição apenas de sinais isolados sem a opção de contextualização de sinais para criar conteúdo.

<sup>2</sup> <http://www.signingsavvy.com/sign>>. Acessado em: 01/05/2011.

### **2.2.1 Extensões da notação de Stokoe**

Quando o estudo de Stokoe (1960) foi publicado, a existência de uma notação para registrar sua estrutura fonológica era argumento importante para garantir às línguas de sinais o status de língua verdadeira. O fato de que uma língua de sinais poderia ser representada na forma escrita como sendo composta de um conjunto de subpartes sistematicamente estruturadas foi argumento para o reconhecimento de seu status linguístico (Miller, 1994).

A primeira notação fonológica das línguas de sinais que se tornou conhecida foi descrita em Stokoe (1960) e no Dicionário de Língua Gestual Americana sobre princípios linguísticos (Stokoe et al., 1965). Desde então Stokoe tem inspirado extensões e adaptações da notação para outras línguas de sinais diferentes da ASL: pesquisadores da Universidade da Califórnia em Berkeley (Friedman 1976, Mandel 1981); Bergman (1979) para a língua de sinais sueca; Schermer(1990) para a língua de sinais da Holanda; Corazza (1990) para a língua de sinais italiana; Kyle & Woll(1985) para a língua de sinais britânica e HamNoSys, desenvolvida na Alemanha, porém com o objetivo de ser utilizada universalmente. Revisões independentes em diferentes países têm dado origem a uma família de sistemas de notação baseadas na notação de Stokoe. No entanto, o resultado é que não existe mais uma versão única e universalmente aceita da notação de Stokoe. Entre as extensões e adaptações citadas acima, apenas HamNoSys resultou em publicações e se tornou conhecida fora de seu país de origem. A notação de HamNoSys é descrita na seção a seguir (Miller, 1994).

### **2.2.2 HamNoSys**

HamNoSys é sigla de Hamburg Sign Language Notation System (Prillwitz et al, 1989). Este sistema, derivado de Stokoe é formado por aproximadamente duzentos símbolos representando os traços dos sinais, ou seja, configuração de mão, localização e movimentação. Segundo Miller (1994), as notações derivadas de Stokoe, em especial HamNoSys, são as mais utilizadas pelos pesquisadores atualmente.

Uma limitação de HamNoSys, que também ocorre em Stokoe, é a falta de estrutura para a representação de sinais não manuais. A sequencialidade da notação também é uma desvantagem, pelo fato de não representar de forma não ambígua a simultaneidade da sinalização.

Existem estudos utilizando a notação HamNoSys com o objetivo de gerar animações tridimensionais para os sinais. O projeto eSign (Kennaway 2007) utiliza uma notação XML chamada SiGML, baseada em HamNoSys. O trabalho propõe um *plugin* para navegadores de internet capaz de traduzir conteúdo escrito e reproduzir o correspondente em língua de sinais. O sistema é independente de modelo, ou seja, não faz referência direta às dimensões de um modelo em particular.

Segundo os autores do projeto (Kennaway 2004) a notação HamNoSys teve de ser adaptada para ser utilizada em ambientes computacionais e criar o SiGML, e mesmo assim o SiGML possui limitações. A notação SiGML descreve a velocidade de execução dos sinais apenas como rápido, devagar ou velocidade média. No entanto, se ocorrer a necessidade de variar a velocidade durante a sinalização, não é possível realizar tal descrição. Por exemplo, um sinal pode começar a ser executado com velocidade normal e ter velocidade de execução rápida ao final da sinalização.

Novamente não existe descrição de contextualização de sinais em HamNoSys, nem tampouco descrição de sinais compostos ou de condição de simetria.

## 2.3 Notação de West

Em 1960, mesmo ano em que Stokoe publicou sua notação, LaMont West, em sua tese de doutorado sobre *Plains Indian Sign Language*, desenvolveu um outro sistema de notação baseado em princípios semelhantes aos de Stokoe.

Uma diferença significativa entre as duas notações é que, enquanto Stokoe buscava dar a seus símbolos um valor mnemônico (ou seja, formas de mão representados por letras, números correspondentes ao alfabeto manual e valores numéricos; movimentos e partes do corpo representados iconicamente), West adota, numa base essencialmente arbitrária, letras impressas e alguns símbolos emprestados da transcrição fonética das línguas orais para representar partes do corpo, configuração de mão e direção, sem distinção entre estas características. As únicas distinções na notação de West são: símbolos de consoantes surdas (com ou sem diacríticos)

representam formas de mão, consoantes sonoras representam localização (parte do corpo ou espacial), vogais representam direção espacial e tipos de movimento são representados por símbolos de consoantes nasais.

Provavelmente pelo trabalho de West ser a descrição de um sistema linguístico secundário com uma comunidade limitada de usuários, ao contrário do trabalho Stokoe, que descreveu o idioma principal da grande comunidade de surdos dos Estados Unidos e de parte do Canadá, West recebeu pouca atenção entre os linguistas da época e teve, assim, praticamente nenhuma influência sobre pesquisas posteriores.

## **2.4 Papaspyrou**

Este sistema foi proposto em 1990 como tese de doutorado de Papaspyrou. Assim como West, este sistema é baseado em símbolos alfabéticos, ao contrário das notações derivadas de Stokoe, e não em princípios mnemônicos. Também não há registros de extensões ou grande aceitação pelos linguistas.

## **2.5 Eshkol-Wachmann**

Cohen et al (1977) utilizou uma notação de dança criada em Israel por Noa Eshkol e Avraham Wachman para criar um dicionário da língua de sinais de Israel. Infelizmente não foram encontradas publicações para uma análise detalhada desta notação.

## **2.6 Jouison**

Apresentado em Jouison (1990), esta notação descreve movimentos, não necessariamente de língua de sinais. A notação de Jouison tem por objetivo transcrever todos os comportamentos comunicativos do intérprete, sem se preocupar se a comunicação é feita através de língua de sinais ou por mímica, com o intuito de possibilitar posterior análise do conteúdo sinalizado sem contaminar a descrição dos movimentos (Miller, 1994).

## 2.7 SignFont

SignFont é uma fonte para Windows e Macintosh desenvolvida para transcrever conteúdo sinalizado em documentos de computador. Os símbolos são icônicos, com figuras de mãos para representar configurações de mão. Inclui símbolos para expressões não manuais e pontos de localização no espaço. É uma notação linear e possui repertório limitado de símbolos.

## 2.8 SignWriting

O sistema de transcrição SignWriting (Sutton, 1999) foi criado em 1974 com o objetivo de capturar o movimento que estava sendo executado na língua de sinal e representá-lo, sem a preocupação de fazer uma análise das línguas de sinais. SignWriting é definida por três estruturas básicas: configuração de mão, contato e movimento.

Em SignWriting a posição das mãos pode ser fechada, aberta ou mão plana, ilustradas na Figura 2.5 a, b e c, respectivamente. Os sinais são escritos com a perspectiva de quem está sinalizando, ou seja, olhando as próprias mãos. Dessa forma, podem ser representadas a palma, dorso ou o lado da mão. O espaço de sinalização é representado em SignWriting com o uso de setas.

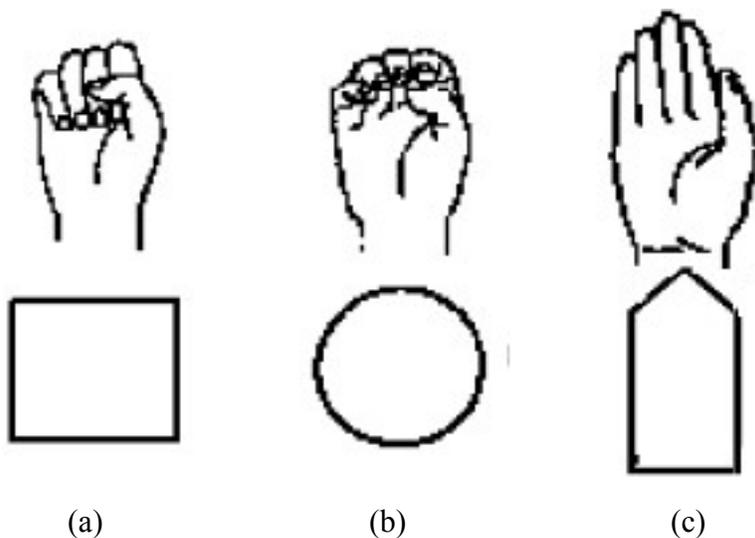


Figura 2.5: Representação de mãos em SignWriting

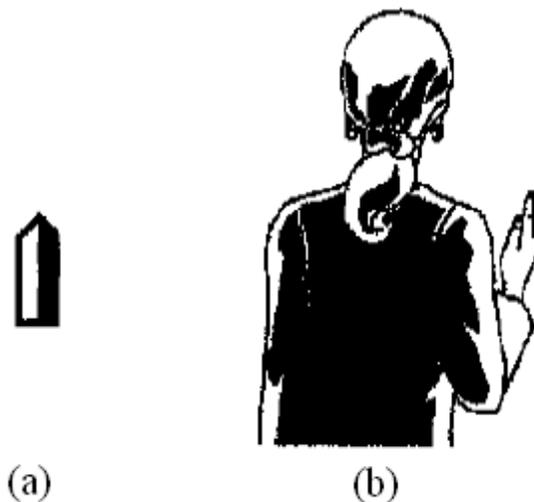
Um grande diferencial de SignWriting, além da representação de expressões faciais, é a descrição da dinâmica dos movimentos. Em SignWriting existem símbolos de dinâmica que podem ser adicionados aos símbolos de movimento ou de expressões faciais para representar simultaneidade, como por exemplo quando ambas as mãos movem-se ao mesmo tempo, movimentos alternados, movimento rápido, suave, tenso e relaxado.

A Figura 2.6 mostra o sinal CASA (Figura 2.2) descrito em SignWriting.



**Figura 2.6: sinal CASA escrito em Signwriting**

Em SignWriting, o símbolo da Figura 2.7 (a) é usado para representar sinais articulados com a palma da mão voltada para o lado, como ilustra a Figura 2.7 (b).



**Figura 2.7: Símbolo para lado da mão em SignWriting e ilustração correspondente (Stumpf)**

Como as mãos estão inclinadas no sinal CASA, o símbolo que aparece na descrição deste sinal é inclinado. O asterisco no topo da notação indica que existe o contato ali, entre as pontas dos dedos. Os sinais de flecha para baixo (Figura 2.8) indicam o movimento que as mãos fazem

na diagonal e para baixo, como se estivessem contornando o telhado de uma casa. A seta correspondente à mão direita é preenchida (seta escura) e à mão esquerda é não preenchida (seta branca).



**Figura 2.8: Símbolo para movimento para baixo na diagonal em SignWriting (Stumpf)**

Finalmente o sinal de parênteses na horizontal, que aparece abaixo das setas, indica que o movimento é realizado simultaneamente. Vale ressaltar que novamente não é descrito como ocorre o contato entre as duas mãos, ou seja, qual parte dos dedos toca qual parte da outra mão.

Apesar de bastante abrangente, SignWriting não é detalhada o suficiente para a reprodução computacional dos sinais.

SignWriting é icônicas/imagéticas e portanto não descreve os sinais de forma geométrica. Descreve apenas sinais isolados, sem contextualização. SignWriting descreve repetição de movimento através da duplicação do símbolo de movimento. Por exemplo, uma seta semicircular como da Figura 2.9 (a) indica movimento curvo para cima. O símbolo ao lado (Figura 2.9 b) representa o mesmo movimento, porém repetido, ou seja, articulado duas vezes. No entanto, como discutido anteriormente, alguns sinais repete movimentos por incontáveis vezes, ou até que outro movimento termine.



**Figura 2.9: Símbolo para movimento curvo para cima em SignWriting (Stumpf)**

O sistema de transcrição SignWriting não suporta também a descrição de sinais compostos, de condição de simetria e a parametrização e contextualização de sinais.

## 2.9 Notações de Laban e de Farnell

Rudolf Laban foi um dos primeiros teóricos de dança, e dedicou sua vida à análise e registro dos movimentos corporais. Desenvolveu uma notação de movimento intitulada *Kinetography Laban*, conhecida nos Estados Unidos como *Labanotation* (Laban, 1978). Laban analisou os elementos que constituem o movimento levando em conta aspectos psíquicos e fisiológicos, e seus estudos são hoje aplicados em diversas áreas como artes, educação, trabalhos manuais, psicologia e sociologia, por exemplo.

Labanotation possui símbolos para descrever a direção do movimento como ilustrado na Figura 2.10.

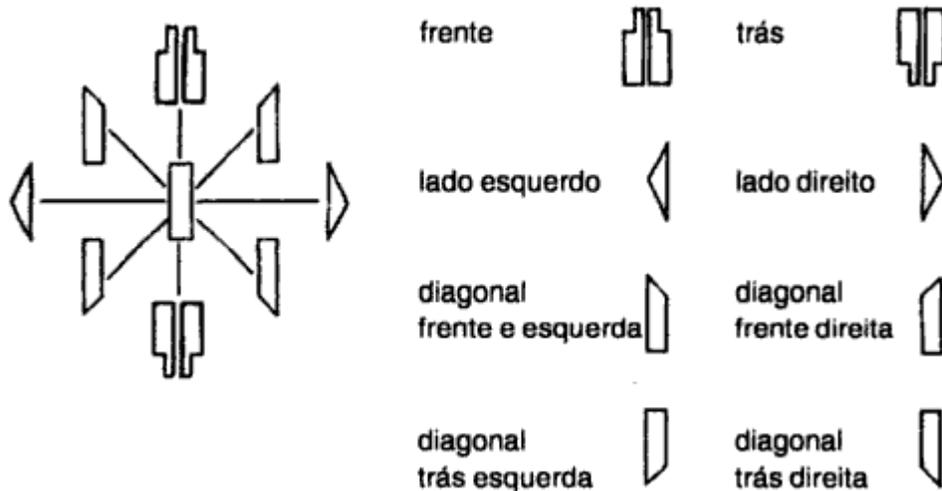


Figura 2.10: Direções espaciais.

O tipo de sombreado do símbolo representa o nível do membro do corpo. Por exemplo, um elemento preenchido representa nível baixo. Elemento médio é representado por elemento em branco com um ponto no meio. Nível alto é representado por um elemento hachurado. A Figura 2.11 ilustra algumas descrições de movimento do braço, onde a forma do símbolo representa a direção do movimento e seu preenchimento representa o nível do braço, ou melhor, sua inclinação em relação ao corpo.

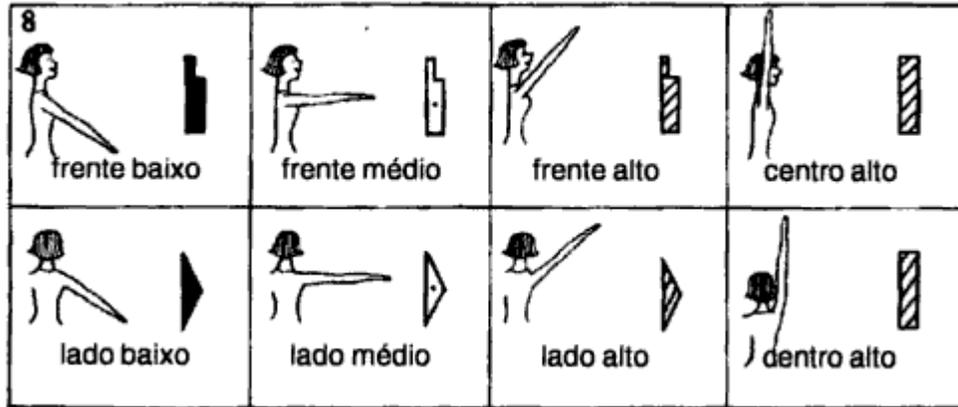


Figura 2.11: Níveis para os braços

A notação de Laban utiliza um sistema de escrita semelhante às notações musicais. Uma partitura é uma representação escrita de uma música. Os símbolos da partitura são escritos em cinco linhas horizontais paralelas chamadas de pentagrama ou pauta. Labanotation consiste de apenas três linhas verticais, mas ao contrário da notação musical, onde as partituras são lidas da esquerda para direita, na Labanotation a partitura é lida de baixo para cima. Dessa forma, é possível descrever movimentos da parte direita do corpo do lado direito da notação e movimentos do lado esquerdo do corpo do lado esquerdo da notação, como ilustra a Figura 2.12.

As colunas do meio, intituladas “Suporte (passos)” registram o que Laban chamou de *steps*, que são movimentos com transferência de peso. As demais colunas registram *gestures*, que são movimentos nos quais não existe transferência de peso.

Os mesmos símbolos ilustrados na Figura 2.10 são utilizados em todas as colunas. Cada coluna portanto representa uma parte do corpo, como braço direito e perna esquerda, por exemplo. Dessa forma a notação para um movimento é composta como ilustra a Figura 2.13.

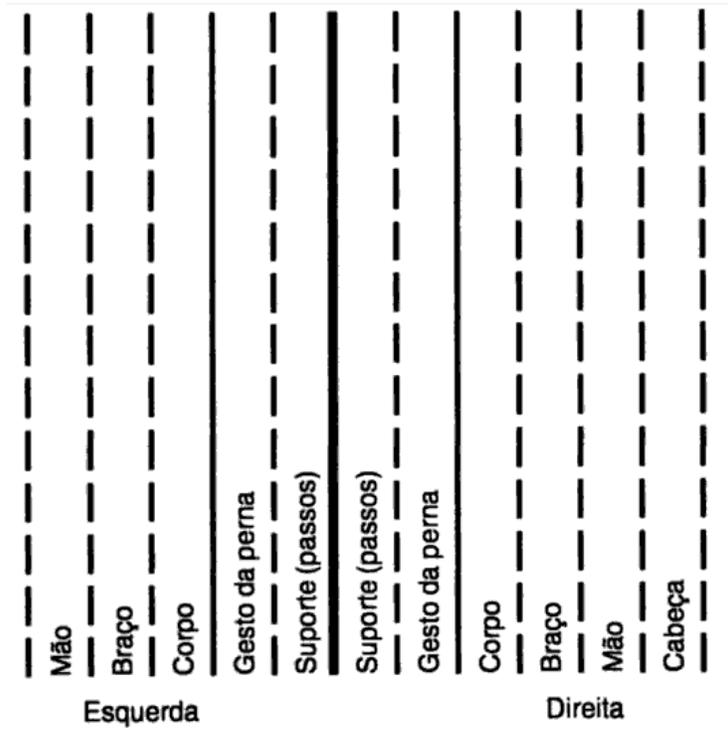


Figura 2.12: Divisão dos elementos na notação de Laban (Cordeiro, 1998)

Para ler o exemplo acima (Figura 2.13), começamos de baixo para cima.

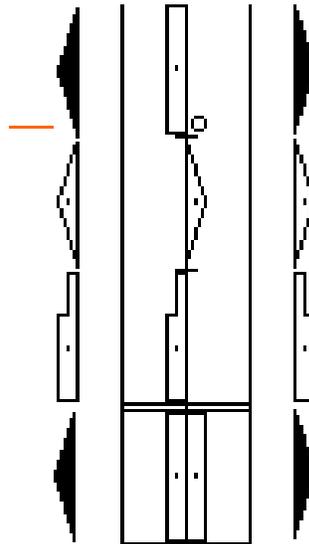


Figura 2.13: Exemplo simples da Labanotation

Os símbolos ◀ e ▶ indicam que os braços estão levantados formando um ângulo de aproximadamente 45 graus com o nível do chão. Existe um espaço em branco para a descrição do corpo e gesto da perna. Os símbolos do centro (□□) indicam que as pernas estão no centro, joelhos retos. As duas linhas horizontais acima dos símbolos descritos indicam a contagem da música. Continuando a leitura, os símbolos □ e □ indicam que os braços se erguem no nível do ombro e ao mesmo tempo, o símbolo de □ na parte de dentro indica um passo á frente, com a perna esquerda, joelho reto.

Com o exemplo acima é possível notar a complexidade e abrangência da notação de Laban.

Um dos parâmetros que exige detalhamento na descrição é a localização das mãos durante a sinalização do sinal. A notação de Laban (Guest, 2005) descreve a localização dos braços e mãos por meio de uma discretização do espaço tridimensional, atribuindo símbolos para descrever a posição do braço e do antebraço, como ilustra a Figura 2.10. Estes símbolos podem ser hachurados, lisos com um ponto ou preenchidos, indicando membros para o alto, para frente, ou para baixo, respectivamente.

A Figura 2.11 ilustra algumas posições do braço com as respectivas descrições na notação de Laban. Os símbolos para descrever o cotovelo são ilustrados na Figura 2.14, e são usados imediatamente abaixo dos símbolos da Figura 2.11 quando existe a flexão em 90° da junta do cotovelo.



**Figura 2.14: Símbolo de descrição dos cotovelos.**

A notação de Laban permite ainda a descrição de sete graus de flexão das juntas, incluindo a posição de repouso. A Figura 2.15 ilustra estes sete graus de flexão aplicados ao cotovelo.

Estudos mais recentes (Guest & Kolff, 2002) adicionaram descrição para mãos na Labanotation.

Existem várias aplicações que têm como base a notação de Laban. Nota-Anna (Cordeiro, 1998), por exemplo, é um software que, a partir de imagens capturadas de arquivos de vídeo de dança, gera informações de pontos e retas que correspondem à trajetória do movimento do esqueleto do dançarino.

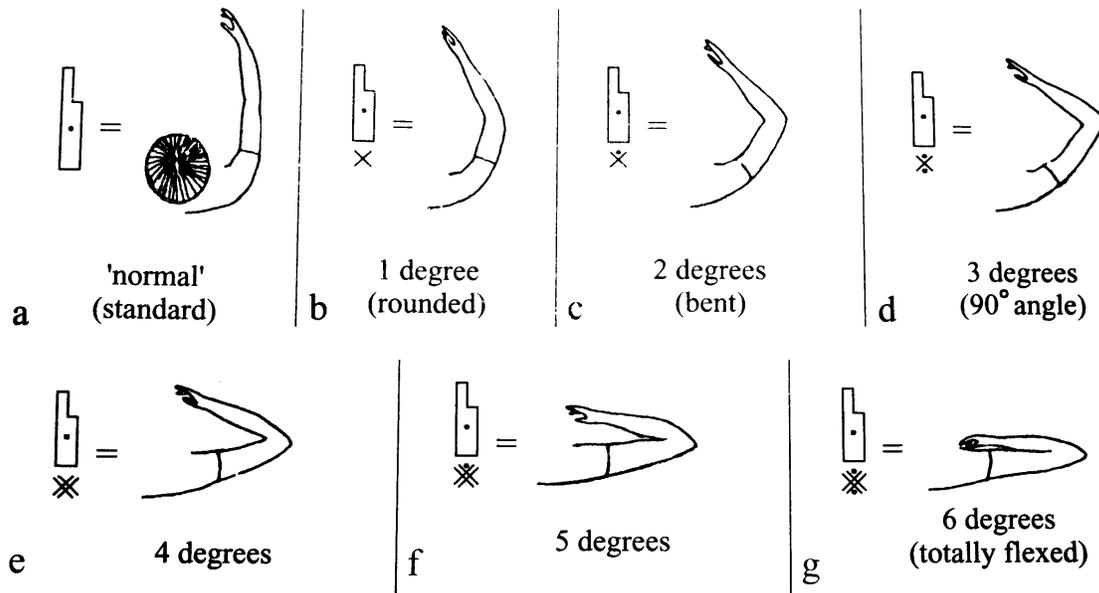


Figura 2.15: Símbolo de flexão na descrição dos cotovelos.

O trabalho de Guimarães (2002) implementa um *plugin* para o Maya chamado CVL (Coreografias Virtuais de Laban) que, a partir de Labanotation, permite ao usuário criar animações. O CVL utiliza poses chave (*keyframes*) que são definidas pelo usuário através uma interface gráfica com a notação de Laban, e o resultado final é a animação aplicada em um esqueleto 3D.

Apesar de ser suficiente para a descrição de passos de dança, a notação de Laban não foi considerada adequada para os propósitos deste trabalho. Embora a notação de Laban seja eficiente e utilizada por artistas e dançarinos, analisando a notação sob o prisma do perfil desejado no presente trabalho, traçado na seção 2.1, é possível apontar algumas dificuldades em sua utilização como um sistema de transcrição de conteúdo em língua de sinais, como por exemplo a falta de descrição detalhada de expressões faciais, representações icônicas/imagéticas e não representações geométricas, discretização do espaço de sinalização bem como dificuldade em se descrever com precisão pontos de contato, por exemplo.

A notação de Laban foi utilizada por Farnell (1990) para descrever línguas gestuais sem, no entanto, o objetivo de gerar animação de modo automático. Brenda Farnell adaptou a notação de Laban para a descrever o que é conhecido como *Plains Indian Sign Languages* (PISL), que são

várias linguagens manuais utilizadas pelos índios da América do Norte para representar diferentes línguas de modo gestual. Ao contrário das línguas de sinais que evoluíram naturalmente em comunidades de surdos e têm sua própria estrutura gramatical e recursos de linguagens, a PISL foi criada por ouvintes para representar gestualmente línguas orais e segue a gramática das línguas faladas pelos índios norte americanos.

Uma das dificuldades na utilização da notação adaptada de Farnell (1990) é a representação detalhada de expressões faciais. A notação de Laban foi criada com o intuito de registrar movimentos do corpo, sem a preocupação de descrever detalhadamente expressões faciais. Farnell utiliza algumas expressões faciais pré-definidas, como balançar negativamente a cabeça. No entanto, não foi encontrada descrição detalhada dos elementos da face, como boca, bochechas e sobrancelhas por exemplo.

Outra consideração sobre a notação de Farnell diz respeito ao espaço de sinalização. Como todas as outras características dos sinais descritas na notação, os pontos de localização são representados de maneira icônica/imagética e não geométrica. Por trabalhar com um espaço discreto, torna-se complicada a tarefa de descrever pontos de localização bem próximos um do outro, situação que ocorre com bastante frequência na libras.

A descrição de contato também não é suficiente para a implementação da notação num sinalizador virtual. Por exemplo quando ocorre o toque de um dedo com o nariz, não fica claro na notação qual parte do dedo está tocando o nariz.

Além das dificuldades citadas acima, não foi encontrado nenhuma referência sobre a notação de Laban, bem como sua adaptação por Farnell (1990), que descrevesse parametrização de sinais, sinais compostos ou condição de simetria das mãos.

## 2.10 Liddell & Johnson

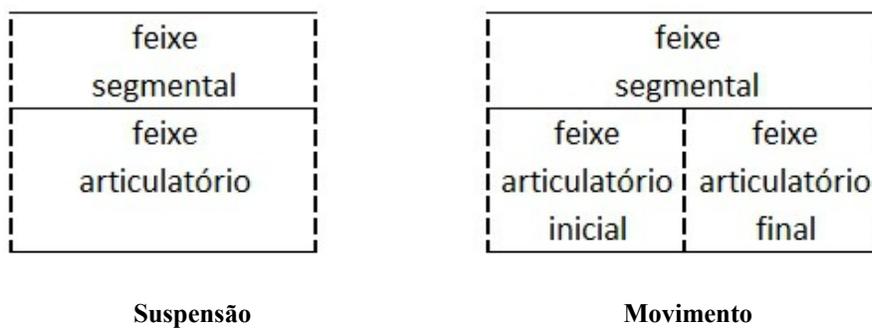
Liddell & Johnson (1989) estudaram a estrutura das línguas de sinais e criaram uma representação abrangente e utilizada por linguistas da atualidade.

O modelo descreve que todo sinal é composto de **movimentos** e **suspensões**. Os momentos em que as mãos estão paradas no espaço de sinalização são chamados de *hold* (suspensão) e os momentos em que as mãos estão se movendo são chamados de *movement* (movimento).

O modelo de Liddell & Johnson (1989) descreve os sinais como sendo compostos por um único segmento (de movimento ou de suspensão), ou por uma sequência de segmentos.

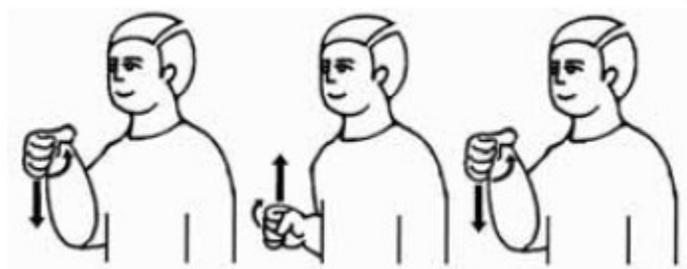
Movimentos e suspensões são descritos através dos chamados feixes de traços: feixe segmental e feixe articulatório.

O feixe segmental especifica a atividade de mão, se a mão está parada ou se movendo. A função desse traço é distinguir entre movimento e suspensão. O feixe articulatório descreve a postura da mão, sua configuração, localização e orientação. A Figura 2.16 ilustra a representação destes segmentos.



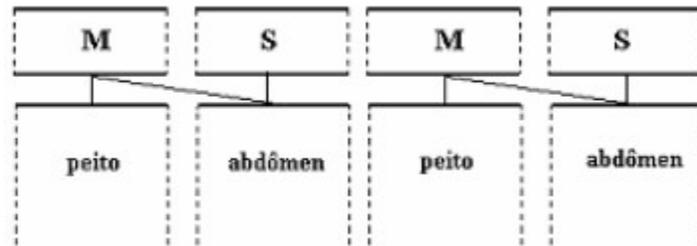
**Figura 2.16: Representação de suspensão e movimento no modelo de Liddell e Johnson.**

O sinal LEITE da libras por exemplo inicia a sinalização com a mão na altura do peito e faz um movimento reto, por duas vezes, até a altura do abdômen. O sinal LEITE (Figura 2.17) é representado no modelo de Liddell & Johnson (1989) como ilustra a Figura 2.18.



**Figura 2.17: Sinal LEITE da libras (Capovilla et al., 2009)**

Sinal LEITE: Mão em S horizontal, palma para trás. Movê-la para cima e para baixo, abrindo-a e fechando-a ligeiramente.



**Figura 2.18: Representação (parcial) do sinal LEITE no modelo de Liddell & Johnson (1989) (Xavier, 2006).**

As letras M e S da Figura 2.18 representam movimento e suspensão, respectivamente. O sistema desenvolvido por Liddell & Johnson (1989) prevê ainda uma matriz de traços para a descrição de expressões não manuais.

O modelo de Liddell & Johnson (1989) possui grande poder descritivo. Apresenta uma descrição detalhada de configuração de mão, localização, movimento e orientação. O modelo descreve a sequencialidade das características do sinal, diferentemente dos demais modelos propostos na literatura. Mas novamente o modelo em questão foi concebido para fins de análises linguísticas. Os autores reconhecem que existe pouco conhecimento sobre as línguas sinalizadas em comparação às línguas orais (Xavier, 2006).

## 2.11 Sistema de notação por glosas

Os sistemas de transcrição mencionados nas seções anteriores não possuem poder de descrição suficientemente abrangente para leitura por pessoas não especialmente treinadas. Uma alternativa é o sistema de notação por palavras, que vem sendo adotado por pesquisadores de línguas de sinais em vários países, inclusive no Brasil. O sistema tem este nome porque as palavras de uma língua oral são utilizadas para representar aproximadamente os sinais (Brito, 1995).

Estas palavras são conhecidas pelos linguistas como glosas. Em geral, para transcrever língua de sinais, os linguistas adotam alguma variação de um sistema de glosas, em que uma

palavra em inglês ou outra língua escrita, grafada em maiúsculo, nomeia o sinal manual com o mesmo sentido.

Nas transcrições da libras é comum o uso do símbolo @, que pode aparecer no final da glosa, indicando que o sinal pode estar no singular, plural, feminino ou masculino, ou seja, o sinal não sofre flexão de gênero ou número, como na língua oral (Brito, 1995). Por exemplo, a glosa AMIG@ pode ser traduzida para o português como amigo, amiga, amigos ou amigas.

Sinais que na língua oral são traduzidos por duas ou mais palavras são representados pelas palavras correspondentes separadas por hífen. Por exemplo, CORTAR-COM-FACA, QUERER-NÃO (não querer) e MEIO-DIA. Sinais compostos são igualmente representados por duas glosas, mas separados pelo sinal de ^. Por exemplo, CAVALO^LISTRA para zebra.

As datilologias, palavras soletradas pelo alfabeto manual, muito utilizadas para expressar nome de pessoas, de localidades e outras palavras que não possuem um sinal, são representadas pela palavra, porém separando-se cada letra por hífen. Por exemplo, J-O-Ã-O e A-N-E-S-T-E-S-I-A.

Sistemas de transcrição por glosas são utilizados por diversos linguistas da libras (Felipe, 1988; Brito, 1995; Santos, 2002; Chan-Vianna, 2003; Finau, 2004).

Finau (2004) complementa as transcrições de glosas com figuras tiradas da filmagem em vídeo correspondentes a cada sinal manual, às vezes acrescentando setas na própria figura para marcar movimento.

McCleary & Viotti (2007) utilizam um sistema de glosas em que marcações não manuais e o uso do espaço de sinalização são representados, respectivamente, por códigos sobrescritos e letras ou números subscritos.

O trabalho de McCleary e Viotti (2007) descreve o estudo realizado para transcrever uma narrativa em libras. Neste trabalho, uma história encenada e filmada foi apresentada a surdos em sessões individuais. Cada surdo recontou a história para um usuário de língua de sinais que ainda não tivesse visto o filme e nem conhecesse a história. A transcrição da narrativa foi então realizada utilizando-se notação por glosas. A transcrição é feita em trilhas separadas, cada uma relacionada a algum traço sendo codificado, como movimento da boca, sobrancelha, tradução do sinal, etc.

Um ponto destacado neste estudo é que um sistema de transcrição bem elaborado torna-se uma ferramenta de estudo linguístico, auxiliando a percepção e análise de características das línguas de sinais que muitas vezes passam despercebidas.

Embora o sistema de notação por glosa e os diferentes recursos adotados pelos pesquisadores, como o uso de imagens e anotações adicionais, auxiliem os linguistas, os registros continuam insuficientes para análises mais profundas da libras (McCleary & Viotti 2007). Pode-se afirmar que o mesmo é válido para a produção de conteúdo de forma automática por um programa de computador.

## 2.12 Formalismos para descrição de humanos virtuais

Nas seções anteriores foram discutidos sistemas de transcrições que não foram criados com o intuito de serem interpretados em programas de computador.

No entanto, a animação de personagens virtuais não é novidade na computação. Dessa forma, existem atualmente formalismos para descrever movimentos e características de avatares.

A XML (*eXtensible Markup Language*) é uma linguagem padronizada utilizada para descrever e compartilhar uma grande variedade de dados eletronicamente. Diversos formalismos para a descrição de animação de humanos virtuais são baseados em XML.

A AML (Kshirsagar et al, 2002) (*avatar markup language*) descreve animação facial, corporal e a fala, de maneira unificada e sincronizada, permitindo a criação de trilhas diferentes para cada tipo de animação. Dessa forma, cada trilha tem seu tempo de início, velocidade e prioridade de cada ação. Kshirsagar descreve as velocidades possíveis como devagar, normal ou rápida.

O trecho abaixo (Figura 2.19) ilustra um exemplo em AML. O elemento FA dispara a animação facial e o elemento BA, a animação corporal. O elemento TTS é responsável por reproduzir o som correspondente ao texto escrito, utilizando softwares conhecidos como *text to speech*:

```
<AML face id="x" body id="y" root path="p" name = "name of animation">
  <FA start_time="t1" input_file= "f1">
  <TTS mode="m" start_time="t3" output_fap="f3" output_wav="f4">
    <Text>TextToBeSpoken<\Text>
```

```

<\TTS>
<AFML>...<\AFML>
  <\FA>
  <BA start_time = "t2" input_file = "f2">
  <ABML>...<\ABML>
  <\BA>
<\AML>

```

**Figura 2.19: Sintaxe AML.**

A VHML<sup>3</sup> (*Virtual Human Markup Language*) é uma das mais completas especificações para a animação virtual (Arafa et al, 2003), pois encapsula várias outras linguagens XML:

- DMML Dialogue Manager Markup Language (AIML)
- FAML Facial Animation Markup Language
- BAML Body Animation Markup Language
- SML Speech Markup Language
- EML Emotion Markup Language
- HTML HyperText Markup Language

O objetivo do VHML é descrever vários traços de interação homem máquina, como animação facial, corporal e texto para fala. VHML vem sendo utilizado em aplicações de Talking Head, que consistem em um rosto virtual que lê informações para o usuário. O trecho da Figura 2.20 ilustra um exemplo de VHML. O texto a ser lido aparece permeado de *tags* (etiquetas) que indicam qual deve ser o comportamento do avatar no momento de ler cada palavra:

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE sml SYSTEM "./sml-v01.dtd">
<sml>
  <p>
    <neutral>
      Hi, <smile 2 6 3000/> and <l_roll 2 4 800/><emph_GST 2 3 800/>
      thank you
    for choosing Dominoes Pizzas online.
    </neutral>
  </p>

```

<sup>3</sup> <http://www.vhml.org>

```
</sml>
```

**Figura 2.20: Sintaxe VHML.**

Uma deficiência de VHML é a descrição de tempo da animação, que não garante uma sincronização entre a fala e a expressão facial (Kshirsagar et al, 2002).

Outro formalismo de descrição para humanos virtuais é CML (*Character Markup Language*). O termo *character* é usado para denotar uma linguagem que encapsula atributos necessários para recriar realismo, ou seja, atribuir comportamento natural ao personagem, chamado de *believable behavior*. A linguagem CML não é restrita apenas a descrição de humanoides, podendo suportar qualquer criatura 3D (Arafa & Mamdani, 2003). CML é ao mesmo tempo uma representação e uma linguagem de *script*, permitindo a descrição de atributos de um modelo e manipulando sua animação e comportamento através de *scripts*. A sincronização entre o áudio e a animação visual é feita por meio da especificação SMIL (*Synchronised Multimedia Integration Language*). A linguagem CML possui elementos de alto nível como personalidade, felicidade, mover-para ou apontar-para, como ilustra o exemplo da Figura 2.21 (Arafa et al, 2002).

```
<cml>
  <character name="n1" personality="p1" role="r1" gender="M" disposition="d1" transition_Dstate="t1">
    <happy intensity="i1" decay="dc1" target="o1" priority="pr1">
      <move-to order="o1" priority="pr2" speed="s" object="obj1" begin="s1" end="s4"/>
      <point-to order="2" priority="pr3" object="obj1" begin="s2" end="s4"/>
      <utterance priority="pr2" begin="s2"> UtteranceText </utterance>
    </happy>
    .....
  </character>
```

**Figura 2.21: Sintaxe CML.**

Os formalismos citados, embora possuem perfil apropriado para implementação computacional, não foram por sua vez desenvolvidos com o intuito de transcrever língua de sinais. Uma deficiência encontrada em todos os formalismos XML estudados é a falta de

estruturas específicas para a descrição detalhada dos movimentos das mãos e dedos, informações essenciais para a descrição das línguas de sinais.

As expressões faciais são detalhadas em alto nível de abstração. Por exemplo, utilizam-se termos linguísticos para descrever expressões faciais, como feliz ou triste, mas não é possível descrever partes isoladas da face, como língua, bochechas, sobrancelhas, etc.

Outro obstáculo na adaptação de um dos formalismos XML citados acima para os propósitos deste trabalho é que, por não serem criados para registrar língua de sinais, estes sistemas não possuem as demais características citadas no início do capítulo como necessárias e desejáveis para o perfil de um sistema de transcrição de língua de sinais para fins computacionais, como contextualização e parametrização de sinais, descrição de sinais compostos e de condição de simetria das mãos.

## **2.13 Considerações finais**

Este capítulo apresentou um resumo dos principais sistemas de transcrição de movimentos existentes na literatura. Desde passos de dança, até sinalizações em língua de sinais, vários pesquisadores vem trabalhando em sistemas que descrevam os movimentos do corpo humano. Porém, nenhum dos sistemas de transcrição encontrados na literatura foram criados com o intuito de gerar animações computacionais em língua de sinais. Dessa forma, existe a necessidade de uma notação que registre explicitamente todas as informações relevantes para a descrição dos sinais, de maneira organizada e de fácil recuperação para posterior reprodução computacional de conteúdo sinalizado. As deficiências encontradas nas notações estudadas serão trabalhadas detalhadamente ao longo do texto nos próximos capítulos.



# Capítulo 3

## Sistema de transcrição proposto

### 3.1 Introdução

Este capítulo apresenta o sistema de transcrição de sinais proposto neste trabalho. Os sinais são descritos de forma textual e hierárquica, através de elementos e atributos. Um elemento pode ter vários elementos ligados à ele, chamados elementos filhos. É possível criar quantos níveis de elementos filhos forem necessários. Um elemento pode ainda conter atributos, que são informações pertinentes a um determinado elemento.

A gramática formal que descreve o sistema de transcrição proposto é apresentada no Apêndice I. O sistema de transcrição é ilustrado graficamente durante o texto com diagramas de classe da UML<sup>4</sup>. Na implementação do sistema, que será detalhada no Capítulo 5, as transcrições são descritas sob a perspectiva computacional, utilizando-se para isso a notação XML<sup>5</sup> com a qual a descrição foi implementada por um programa de computador.

Este capítulo está organizado da seguinte maneira: A Seção 3.2 descreve a visão geral do sistema. A Seção 3.3 detalha os elementos e atributos do sistema de transcrição. Na Seção 3.4 é discutida como a sequencialidade é tratada no sistema de transcrição proposto e a Seção 3.5 contém as considerações finais.

---

<sup>4</sup>UML é a sigla para Unified Modeling Language, notação gráfica utilizada em computação para descrever sistemas hierárquicos.

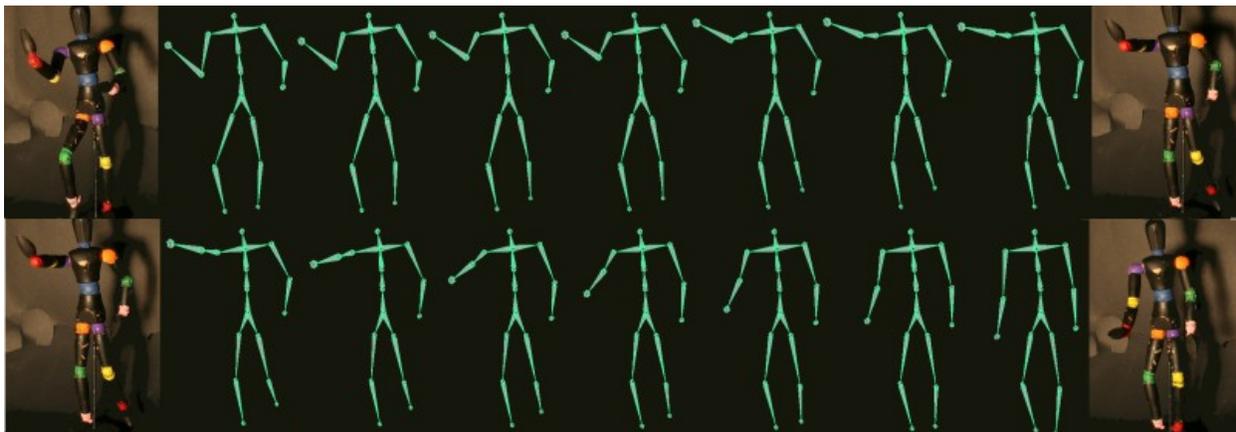
<sup>5</sup>XML é a sigla para eXtensible Markup Language, formato de arquivo com dados organizados de forma hierárquica.

### 3.2 Visão geral do sistema

Trabalhos linguísticos abordando libras, como Xavier (2006), auxiliam no entendimento de quais são as características que um sinal possui e que são importantes para reproduzir estes sinais com o uso de um personagem virtual.

Uma maneira de interpretar e descrever um sinal é distinguir entre dois momentos de uma sinalização: (1) o articulador está parado e (2) o articulador está se movimentando.

Em computação o conceito de animação por *keyframe* ou poses-chave, de maneira simplificada, define a animação realizada com a transição entre duas poses: inicial e final. A suavidade da transição depende diretamente do número de poses intermediárias que é definido entre a pose inicial e a pose final ( Figura 3.1 <sup>6</sup>).



**Figura 3.1: Animação por keyframe**

Com o uso de raciocínio semelhante à animação por *keyframe*, a sinalização em língua de sinais pode ser descrita com a distinção de dois momentos:

- as mãos, corpo e face estão paradas no espaço.
- as mãos, corpo e face se movimentam, alcançando outro momento de estagnação.

---

<sup>6</sup><http://classes.soe.ucsc.edu/cmcs262/Winter07/projects/keyframe-animation/>

De forma semelhante ao conceito de *keyframe*, o sistema de transcrição proposto descreve os sinais utilizando dois elementos principais: *pose* e *movement*. O elemento *pose* descreve o momento em que as mãos, face e corpo estão parados no espaço de sinalização. O elemento *movement* descreve movimentos.

A Figura 3.2 ilustra a hierarquia de descrição de um sinal no sistema de transcrição proposto. Os números descrevem a cardinalidade dos elementos, o número de elementos filhos que cada elemento pai pode ter. Por exemplo, o número 1 de *dominantHand* significa que o elemento *dominantHand* só deve aparecer uma única vez dentro do elemento *pose*. Ou melhor, *pose* pode ter apenas um único elemento filho do tipo *dominantHand*. No caso do elemento *nondominantHand*, a cardinalidade é de 0..1. Isso significa que o elemento *nondominantHand* pode aparecer zero ou uma vez. Em outras palavras, *nondominantHand* é um elemento opcional, que pode ou não estar descrito no sinal. Quando a cardinalidade é 0..\* significa que o elemento pode aparecer zero ou mais vezes. Neste caso, o asterisco indica n vezes, ou seja, um número ilimitado de vezes. É o caso do elemento *pause*.

O asterisco em frente ao nome do atributo significa que aquele atributo é obrigatório. Atributos obrigatórios são aqueles para os quais não foi proposto nenhum valor padrão, portanto sem sua descrição, o elemento que o contém não pode ser corretamente interpretado e nenhuma sinalização é gerada.

O sistema de transcrição proposto inicia com o elemento raiz *sign*, que contém o nome do sinal como atributo único, e todos as demais características descritivas do sinal como elementos filhos e atributos.

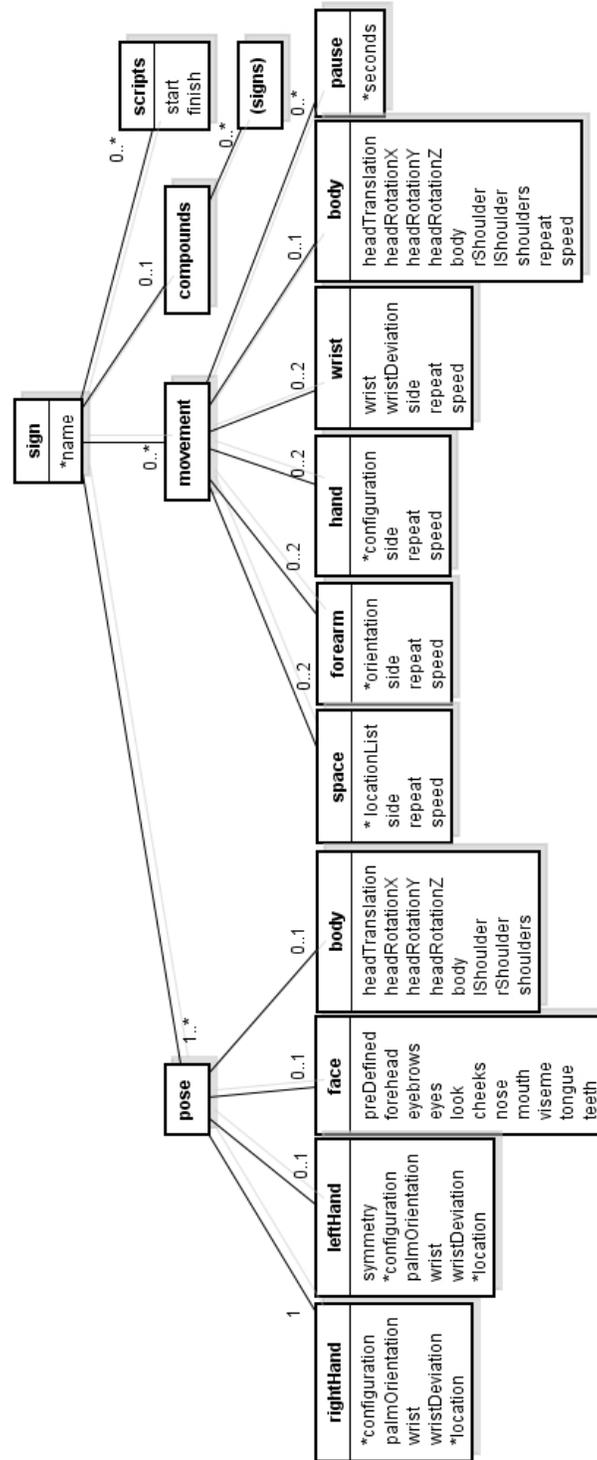


Figura 3.2: Ilustração do sistema de transcrição proposto para descrever sinais da libras

O elemento *sign* tem como elementos filhos, além de *pose* e *movement* os elementos *compounds* e *scripts*. O elemento *compounds* permite descrever sinais compostos, aqueles formados pela sinalização sequencial de dois ou mais sinais. O elemento *scripts* invoca a execução de *scripts* de animação externos.

Na seção seguinte é apresentada uma descrição detalhada dos elementos e atributos do sistema de transcrição proposto.

### 3.3 Elementos e atributos do sistema de transcrição

O elemento *pose* posiciona mãos, face e corpo do avatar e possui os seguintes elementos filhos:

- *dominantHand*: descreve a mão dominante.
- *nondominantHand*: descreve a mão esquerda.
- *face*: descreve expressões da face.
- *body*: descreve posição de cabeça, tronco e ombros.

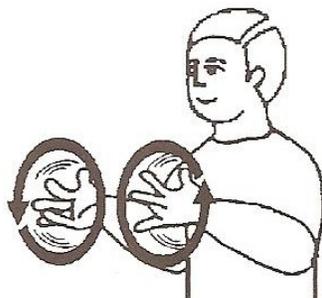
Os elementos *dominantHand* e *nondominantHand* descrevem o comportamento das mãos dominante e não dominante, respectivamente, e contêm os seguintes atributos:

- *configuration*: configuração de mão.
- *palmOrientation*: orientação da palma.
- *wrist*: rotação do punho.
- *wristDeviation*: desvio radial ou ulnar do punho.
- *location*: localização das mãos no espaço de sinalização.

Para posicionar as mãos, além das informações listadas acima, é importante descrever a relação entre mão dominante e não dominante, ou melhor, como as mãos se comportam entre si.

Um sinal pode ser articulado com uma ou ambas as mãos. Klima e Bellugi (1979) identificaram o arranjo das mãos durante a sinalização, classificando-as em mão ativa e mão passiva. De maneira simplificada, mão ativa é aquela que se move enquanto que a mão passiva fica parada e serve de apoio e ponto de contato para a mão ativa (Xavier, 2006). Battison (2000) acrescenta duas outras expressões para classificar as mãos: mão dominante e mão não dominante. Mão dominante é aquela mais usada pelo articulador para sinais articulados com uma mão, e muitas vezes está relacionada ao fato do articulador ser canhoto ou destro. Geralmente, mas nem sempre, a mão dominante desempenha o papel de mão ativa para sinais articulados com as duas mãos (Leite, 2008). Neste trabalho a mão dominante foi implementada como sendo a mão direita. No entanto, a terminologia adotada para o sistema de transcrição foi a de mão dominante e não dominante, pois esta nomenclatura é interessante para fins linguísticos e cognitivos. Dessa forma, o usuário poderá escolher qual mão será dominante para gerar as animações no computador.

Uma situação que ocorre com frequência na libras e que foi de extrema importância para se obter uma descrição mais compacta para sinais com movimento é conhecido como *Princípio da Simetria*. A noção de simetria começou a surgir com o trabalho de Klima e Bellugi (1979), quando foi identificado o arranjo das mãos, ou seja, qual mão realiza o sinal e se ativa ou passivamente. Com a noção de mão ativa e passiva, o trabalho de Battison (2000) apresenta uma restrição que limita consideravelmente o número de combinações possíveis de sinais articulados com as duas mãos (Leite, 2008), para o caso em que as duas mãos são ativas. O *Princípio da Simetria* diz que, quando um sinal é simétrico, ambas as mãos adquirem configuração de mão idêntica e movimentos espaciais. Isso acontece na libras, por exemplo, no sinal LÍNGUA DE SINAIS, ilustrado na Figura 3.3. Xavier (2006) identificou que 494, de 663 sinais da libras articulados com as duas mãos se movendo, possuem a condição de simetria.



**Figura 3.3: Sinal LÍNGUA DE SINAIS (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal LÍNGUA DE SINAIS: Mãos plana, em frente ao corpo, palma a palma. Movimento circular alternado na vertical.*

Para descrever a condição de simetria o elemento *nondominantHand* contém o atributo *symmetry* que permite dizer que o comportamento da mão não dominante será simétrico em relação ao comportamento da mão dominante. O atributo *symmetry* pode ter os valores *true* ou *false*. Quando o atributo *symmetry* tem valor igual a *true*, o elemento *nondominantHand* copiará para seus atributos os valores correspondentes aos atributos do elemento *dominantHand*. Dessa forma, configuração de mão, orientação da palma, punho e localização serão simétricos. De forma análoga, quando *symmetry* for *true*, os movimentos também serão copiados da mão dominante para a mão não dominante. No entanto, no caso dos movimentos, optou-se por possibilitar, caso necessário, a sobreposição de movimentos. Ou melhor, se forem descritos movimentos explicitamente para a mão não dominante, no elemento *movement*, estes movimentos serão articulados, mesmo se as mãos forem descritas como simétricas.

O atributo *symmetry* permite reduzir a quantidade de dados na transcrição proposta, uma vez que evita a repetição. Outra vantagem é a diminuição de falhas da descrição, considerando que ao se repetir uma parte da transcrição pode haver erros de digitação, tornando a descrição incoerente.

As seções seguintes descrevem os atributos dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*.

### **3.3.1 Configuração de mão**

A configuração de mão descreve a disposição de cada um dos dedos das mãos, se estão unidos ou separados, flexionados ou distendidos.

Stokoe (1960) identificou que na ASL existe um conjunto finito de configurações de mão, que representam apenas algumas de todas as formas anatomicamente possíveis de configurações. As diferentes línguas de sinais não necessariamente elegem as mesmas configurações de mão (Xavier, 2011). Klima e Bellugi (1979) comparou a ASL e a língua de sinais chinesa e constatou que há configurações, localizações e movimentos presentes em uma língua, mas ausentes em outra e vice-versa. Dessa forma, apesar de na prática uma língua de sinais trabalhar em sua maioria com um conjunto finito de configurações de mão, um sistema de transcrição universal deve prever a inserção de novas configurações, uma vez que as configurações de mão entre diferentes línguas de sinais não necessariamente são as mesmas. Além disso, nenhuma língua é estática e sim dinâmica e se altera com o tempo, podendo surgir a necessidade de descrição de novas configurações de mão.

Apesar de não existir ainda um levantamento exaustivo de todas as configurações de mão, localizações e movimentos que formam o sistema fonológico da libras, o banco de dados de sinais da libras desenvolvido por Xavier (2006) permite-nos ter uma boa perspectiva sobre quais e quantas são as configurações de mão presentes na libras. No referido trabalho foram citadas ao menos oitenta e quatro configurações de mão distintas.

As configurações mais utilizadas na libras, segundo Capovilla et al., 2009, estão ilustradas nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6.

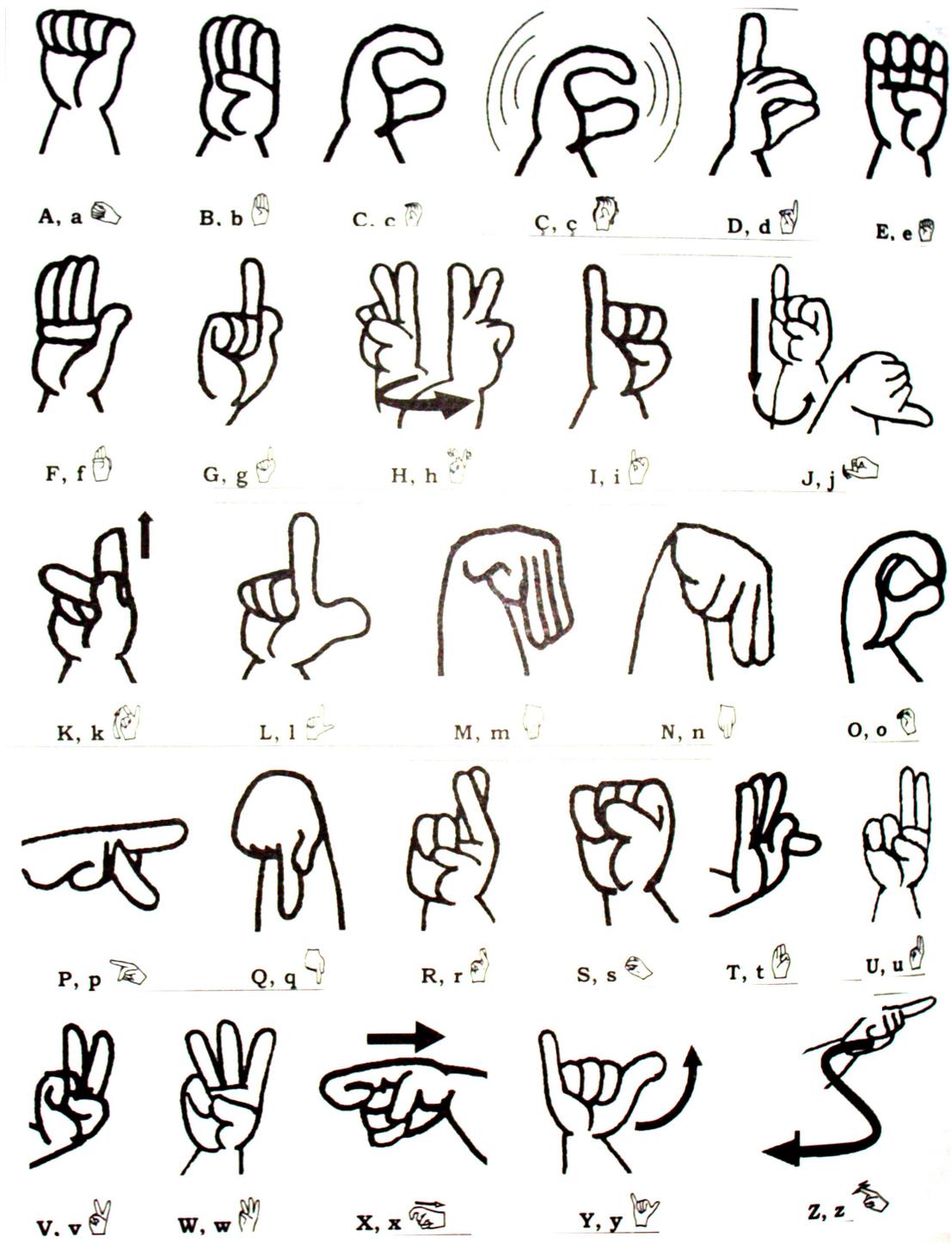


Figura 3.4: Alfabeto manual (Capovilla et al., 2009)

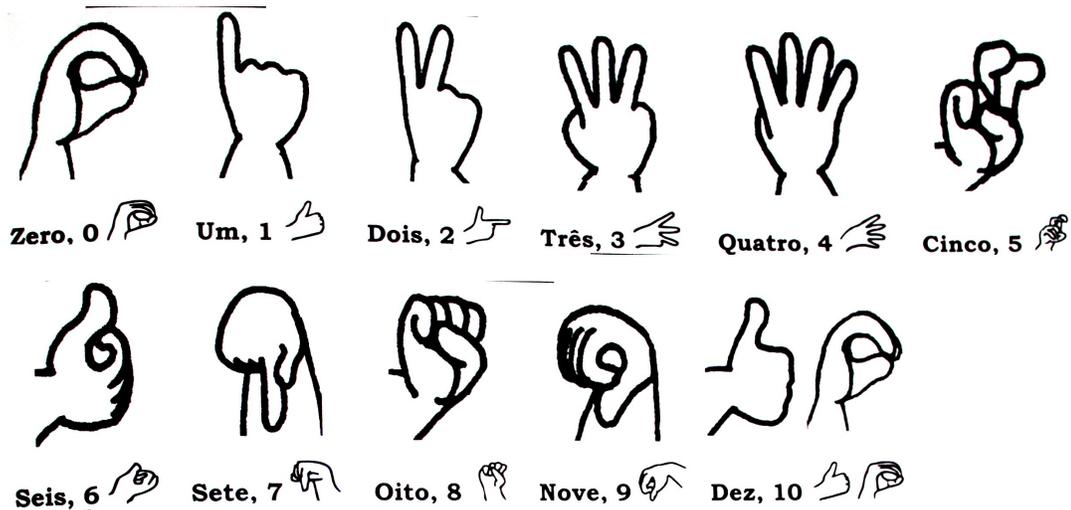


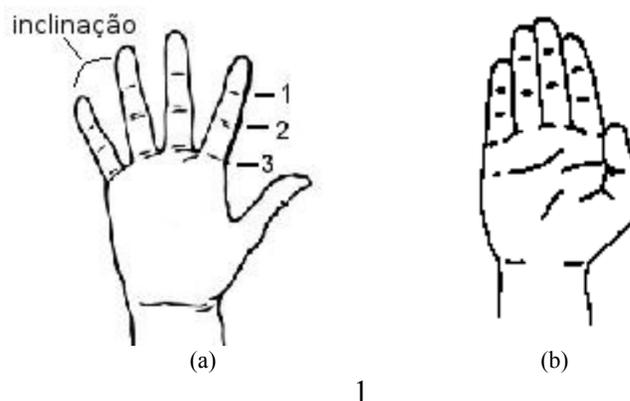
Figura 3.5: Números em libras (Capovilla et al., 2009)



Figura 3.6: Configurações adicionais em libras (Capovilla et al., 2009)

A configuração de mão é descrita no sistema com o atributo *configuration*, presente nos elementos *nondominantHand* e *dominantHand*. O atributo *configuration* pode assumir um nome, que está associado a uma configuração de mão pré-definida, descrita no sistema de transcrição de configuração de mão.

As configurações de mão são descritas pelo ângulos de rotação das juntas de cada dedo, que posteriormente são mapeados pelo programa como rotações. A mão humana possui três juntas nos dedos indicador, médio, anelar e mínimo: junta distal, medial e proximal, como ilustra a Figura 3.7 (a), itens 1, 2 e 3, respectivamente. Além de flexionar ou estender estas juntas, ainda é possível fazer o movimento de inclinar os dedos para os lados, separando-os ou unindo-os. Esta inclinação é o que distingue as configurações de mão da Figura 3.7 (a) e (b).



1  
**Figura 3.7: Juntas da mão humana**

O polegar não possui junta medial, mas por outro lado a junta do metacarpo do polegar influencia na configuração de mão. É o que distingue por exemplo as configurações de mão da Figura 3.8 (a) e (b)

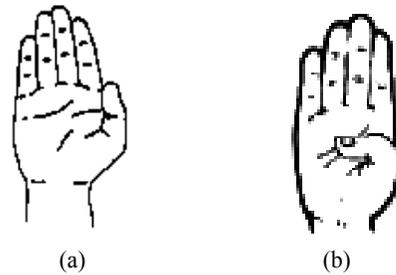


Figura 3.8: Rotações do metacarpo do polegar

Dessa forma, foi proposta uma transcrição de configuração de mão baseada nas rotações das juntas citadas, como ilustra a Figura 3.9. O nome da configuração, atributo *name*, é referenciado no atributo *configuration* dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*.

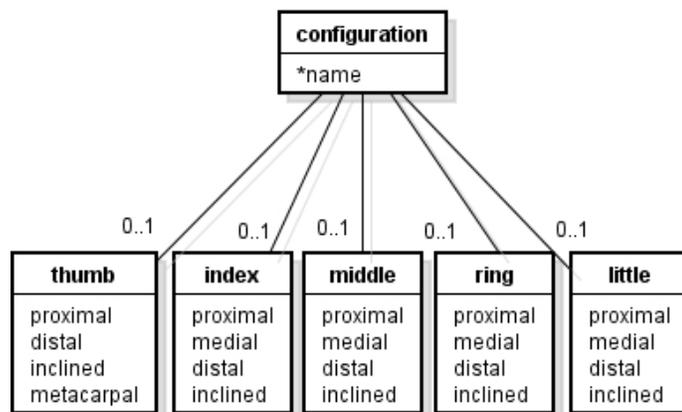


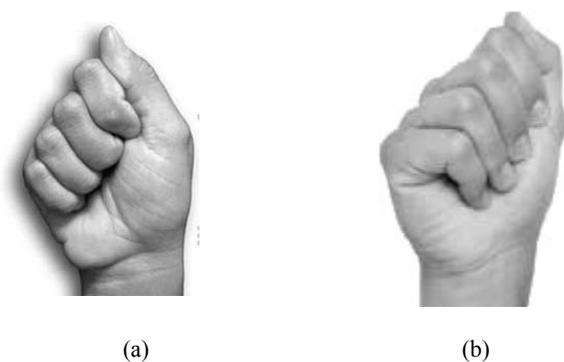
Figura 3.9: Transcrição de configurações de mão

A transcrição da configuração de mão possui cinco elementos, um para cada dedo da mão: *index*, *middle*, *ring*, *little* e *thumb*. Os quatro primeiros elementos contêm os atributos *proximal*, *medial*, *distal* e *inclined*, que armazena as rotações das juntas e o grau de inclinação dos dedos.

Como o polegar não possui junta medial, este atributo não está presente no elemento *thumb*. Por outro lado o polegar possui a junta do metacarpo, que o liga à palma da mão, e que é distintiva para a configuração de mão.

Uma observação importante a ser considerada é a descrição da junta medial na configuração da mão. Em outras notações a configuração de mão é comumente descrita apenas pelas juntas proximais e distais. De fato, na maioria das situações, é anatomicamente desconfortável ou mesmo impossível dobrar a junta distal de um dedo sem dobrar sua junta medial, e vice versa. Portanto para descrever a maior parte das configurações de mão basta conhecer as rotações da junta proximal e distal, assumindo que a junta medial irá dobrar-se ou estender-se juntamente com a junta distal.

No entanto, é possível flexionar a junta medial e estender a junta distal ao mesmo tempo e no mesmo dedo se os dedos tocarem a almofada da palma da mão. É o que difere as configurações de mão da Figura 3.10<sup>7</sup> (a) e (b). Dessa forma, optou-se por descrever explicitamente as juntas medial e distal no sistema de transcrição proposto.



**Figura 3.10: Distinção da junta medial e distal na configuração de mão**

---

<sup>7</sup><http://librasmemory.wordpress.com/2011/11/15/alfabeto-em-libras/>, acessado em 26/03/2012

### 3.3.2 Orientação da palma da mão

A orientação da palma da mão é uma característica importante e que, em alguns casos, serve para a distinção entre sinais. Battison (1974) e Friedman (1975) identificaram a orientação da palma da mão, que já existia nos estudos de Stokoe, porém com importância secundária. Battison (1974) propôs que a orientação da palma tivesse o mesmo estatuto que a configuração de mão, a localização e o movimento em virtude de ter identificado na ASL pares de sinais cujo contraste lexical se dá unicamente por meio desse aspecto (Xavier, 2011).

Os sinais NÃO (Figura 3.11) e UM (Figura 3.12) têm configuração de mão semelhante, mas distinguem-se pela orientação da palma da mão.



**Figura 3.11: Sinal NÃO (Capovilla et al., 2009)**

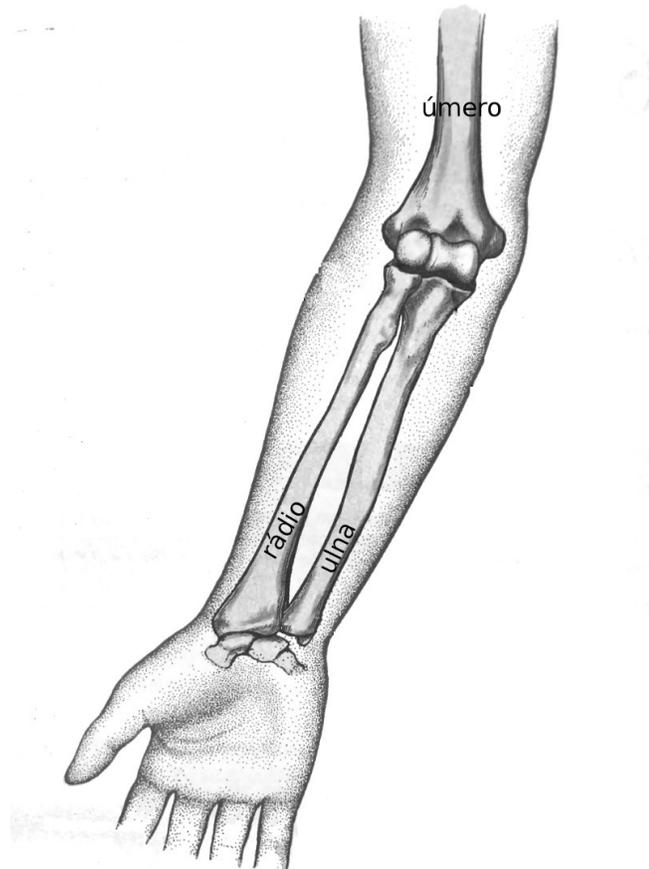
*Sinão NÃO: Mão direita em D, palma para frente. Balançar a mão para a esquerda e para a direita, com expressão facial negativa.*



**Figura 3.12: Sinal UM (Capovilla et al., 2009)**

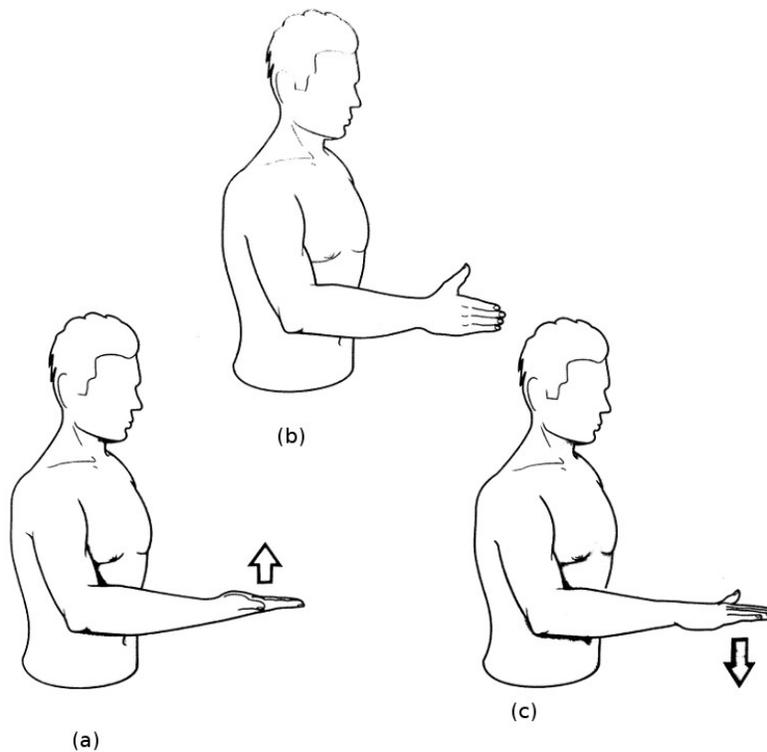
*Sinão UM: Mão direita em D, dorso para frente.*

A orientação da palma da mão é resultado da rotação das juntas do antebraço. O complexo antebraço-cotovelo é formado por três ossos: úmero, osso longo que parte do ombro até o cotovelo, rádio e ulna, ossos do antebraço, conforme ilustra a Figura 3.13 (McFarlane, 2010).



**Figura 3.13: Ossos do antebraço (adaptado de McFarlane, 2010).**

Pronação e supinação são termos da anatomia para os possíveis movimentos de rotação do antebraço, onde não há flexão do cotovelo e as juntas do rádio e da ulna sofrem rotação. São movimentos que viram a palma da mão para “cima” e para “baixo”. A Figura 3.14 ilustra estes movimentos.



**Figura 3.14: Movimentos do antebraço: (a) supinação, (b) neutro e (c) pronação (adaptado de McFarlane, 2010).**

A orientação da palma da mão é descrita no sistema pelo atributo *palmOrientation* dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*. O sistema descreve a palma como se o sinalizador estivesse olhando para suas próprias mãos, de sua própria perspectiva. Os valores possíveis para o atributo *palmOrientation* são:

- *supination*: movimento de supinação. Se o braço estiver estendido na frente do corpo, como na Figura 3.14, o movimento de supinação vira a palma da mão para cima, deixando-a visível para o sinalizador (Figura 3.14 a).
- *neutral*: a mão está voltada para o lado, com a palma voltada para esquerda (Figura 3.14 b).

- *pronation*: a palma da mão está voltada para baixo, com o dorso visível para o sinalizador (Figura 3.14 c).
- ou um valor numérico correspondendo ao grau de rotação desejado para o antebraço.

### 3.3.3 Punho

O punho da mão humana, diferentemente do antebraço, permite rotações em torno de mais de um eixo. Dessa forma, foram criados dois atributos para descrever rotação de punho: *wrist* e *wristDeviation*.

O atributo *wrist* descreve a rotação do punho no eixo Z, que gira o punho para cima e para baixo, como ilustra a Figura 3.15. Este movimento é conhecido na anatomia como flexão (baixo) e extensão (cima) do punho. O Capítulo 5, que descreve a implementação do sinalizador virtual, aborda detalhes das rotações e do sistema de coordenadas adotados neste trabalho.

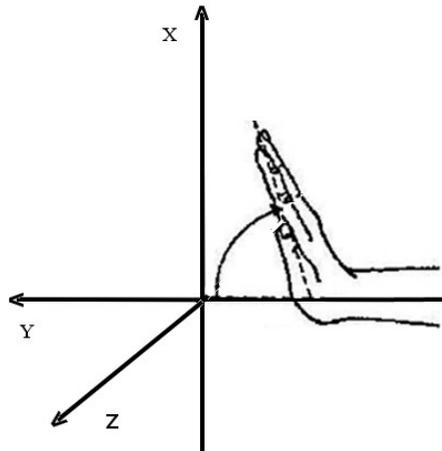
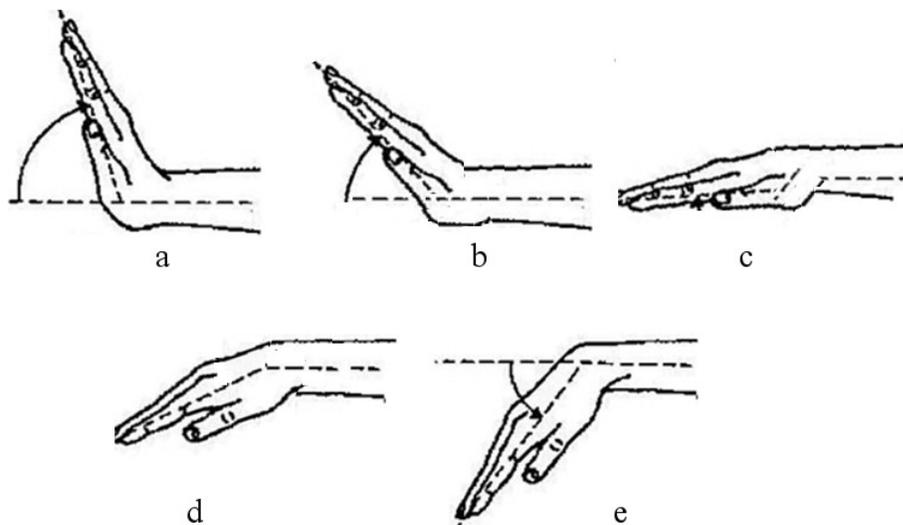


Figura 3.15: Extensão do punho, movimento para “cima”, ou rotação do punho no eixo Z.

O atributo *wrist* pode conter os seguintes valores:

- *extension*: punho estendido, rotacionado “para cima”(Figura 3.16 a). Rotação no eixo Z, no sentido horário.
- *relaxedExtension*: punho relaxado e estendido, ou seja, rotacionado levemente “para cima” (Figura 3.16 b). Rotação no eixo Z, no sentido horário.
- *neutral*: está é a posição padrão, com o punho em posição de repouso. Nesta posição o punho não sofre rotação. É o valor assumido caso o atributo *wrist* não seja preenchido. (Figura 3.16 c).
- *relaxedFlexion*: punho relaxado e flexionado, ou seja, rotacionado levemente “para baixo” (Figura 3.16 d). Rotação no eixo Z, no sentido anti-horário.
- *flexion*: punho flexionado, rotacionado “para baixo” (Figura 3.16 e). Rotação no eixo Z, no sentido anti-horário.
- ou um valor numérico correspondendo ao grau de rotação desejado para o punho no eixo Z.



**Figura 3.16: Rotações do punho no eixo Z.**

A Figura 3.17 exemplifica a rotação de punho na sinalização do sinal MOTO.



Figura 3.17: Sinal MOTO (Capovilla et al., 2009)

*Sinal MOTO: Mãos em S, mover o punho para baixo e para cima, como na aceleração da moto.*

Além da rotação no eixo Z, a junta do punho também pode sofrer rotação no eixo X. O atributo *wristDeviation* descreve a rotação do punho no eixo X, que gira o punho para os “lados”, como ilustra a Figura 3.19.

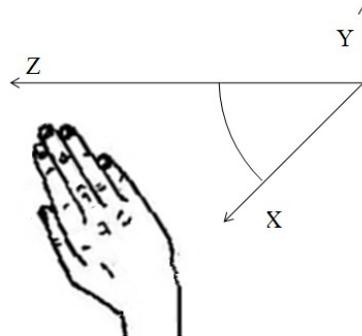


Figura 3.18: Rotação do punho no eixo X. Desvio radial.

O atributo *wristDeviation* pode conter os seguintes valores:

- *radialDeviation*. Rotação do punho para o lado do polegar (Figura 3.19 a). Rotação no eixo X, no sentido horário.
- *ulnarDeviation*. Rotação para o lado do dedo mínimo (Figura 3.19 b). Rotação no eixo X, no sentido anti-horário.

- *neutral*. Nenhuma rotação é aplicada. É a posição padrão (Figura 3.19 c).
- ou um valor numérico correspondendo ao grau de rotação desejado para o desvio de punho.

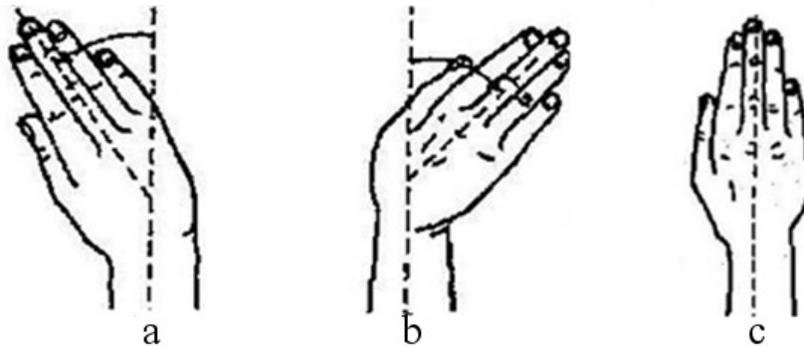


Figura 3.19: Rotações do punho no eixo X.

### 3.3.4 Localização

Um dos desafios enfrentados na criação do sistema de transcrição proposto foi descrever de maneira correta, única e eficaz todos os possíveis pontos de localização das mãos no espaço de sinalização, a região tridimensional ao redor do articulador.

Entende-se por ponto de localização o local no espaço de sinalização onde as mãos são posicionadas para articular o sinal. Pode ser um ponto no espaço ou um ponto de contato com a mão, o rosto ou o corpo.

O espaço de sinalização com os pontos de localização pode ser visualizado como uma região de três dimensões que circunda o articulador. Muitos pesquisadores afirmam que existe um número infinito de pontos de localização no espaço tridimensional do articulador (Lu & Huenerfauth, 2011), o que conseqüentemente dificulta sua descrição.

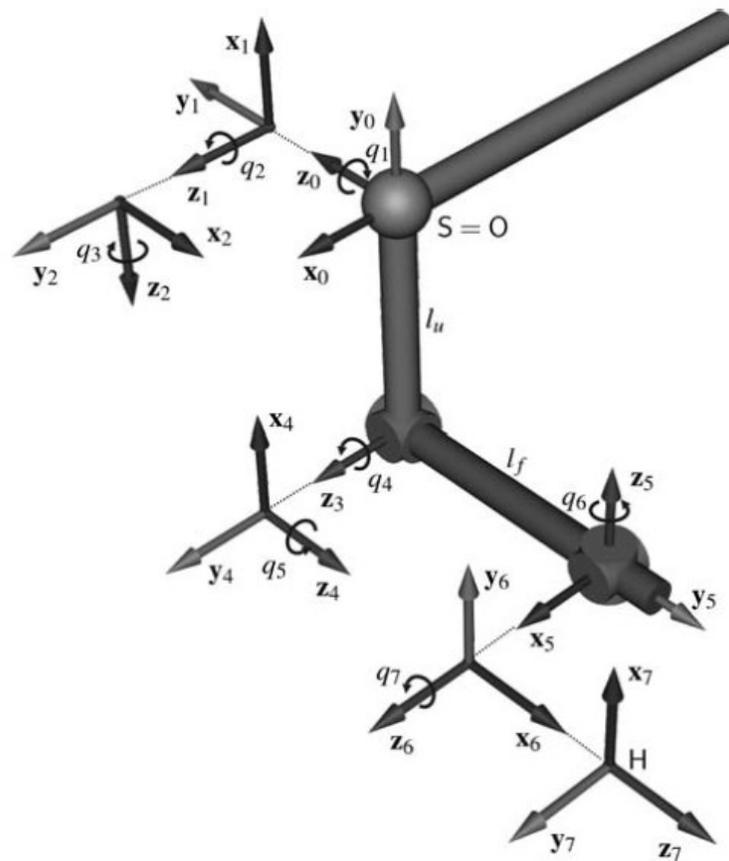
Kennaway (2004) utiliza dois parâmetros para descrever localização, a posição da mão e o local para onde apontam os dedos, denominado e.f.d. (*extended finger direction*). A localização é

previamente mapeada, segundo o autor, em centenas de posições. O parâmetro e.f.d. é utilizado para determinar o local para onde aponta o dedo médio caso não esteja flexionado, e também possui valores discretos, nomeados previamente. O parâmetro e.f.d. de Kennaway (2004) é na realidade dependente da rotação de punho, uma vez que ao rotacionar o punho o local para onde o dedo aponta também muda. Sob este ponto de vista o parâmetro e.f.d. de Kennaway (2004) não deve, portanto, fazer parte da localização do sinal.

O posicionamento da mão no espaço tridimensional é problema conhecido da robótica. Mihelj (2006) propõe uma técnica de cinemática inversa para um modelo de braço humano. O braço humano pode ser modelado como um mecanismo com sete graus de liberdade (Figura 3.20), consistindo de uma sinalização esférica (ball and socket) para o ombro, com eixos para abdução-adução ( $q_1$ ), flexão-estensão ( $q_2$ ) e rotação interna-externa ( $q_3$ ), uma sinalização para flexão-estensão do cotovelo ( $q_4$ ), uma sinalização para pronação-supinação do antebraço ( $q_5$ ) e uma junta do punho com dois graus de liberdade, para desvio radial e ulnar ( $q_6$ ) e para flexão-estensão ( $q_7$ ).

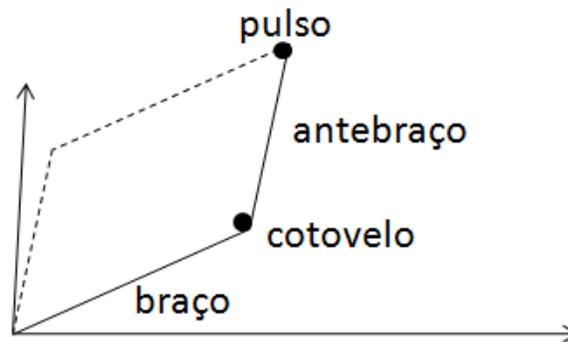
A junta do antebraço na realidade não posiciona a mão no espaço, mas apenas rotaciona a palma, com o movimento de pronação-supinação. Portanto o sistema acima pode ser simplificado para um modelo com seis graus de liberdade (Mihelj, 2006). Neste trabalho foi utilizado o modelo com 7 graus de liberdade, 3 no ombro, 2 no cotovelo e 2 no punho, sendo que existe ainda 1 grau de liberdade no antebraço, mas que não muda o posicionamento da palma da mão, apenas virando-a para cima ou para baixo.

Existem trabalhos na literatura que propõem algoritmos de cinemática inversa para se obter os parâmetros de rotação de cada junta da Figura 3.20 de forma automática. O problema consistem em, dadas as coordenadas no espaço cartesiano  $x$ ,  $y$  e  $z$  de um ponto, obter os valores das rotações para as juntas do ombro, cotovelo, antebraço e punho para levar a mão à posição desejada.



**Figura 3.20: Modelo simplificado de um braço humano com 7 graus de liberdade, sistemas de coordenadas e eixos de rotação (Mihelj, 2006).**

O procedimento de cinemática inversa, no entanto, não é adequado para os propósitos deste trabalho. Para alcançar o mesmo ponto no espaço existem vários valores possíveis para as rotações do ombro (Santos et. al., 2006), de maneira que o cotovelo altera sua posição como ilustra a Figura 3.21. Na figura é possível ver duas rotações do cotovelo com o braço alcançando a mesma posição no espaço.

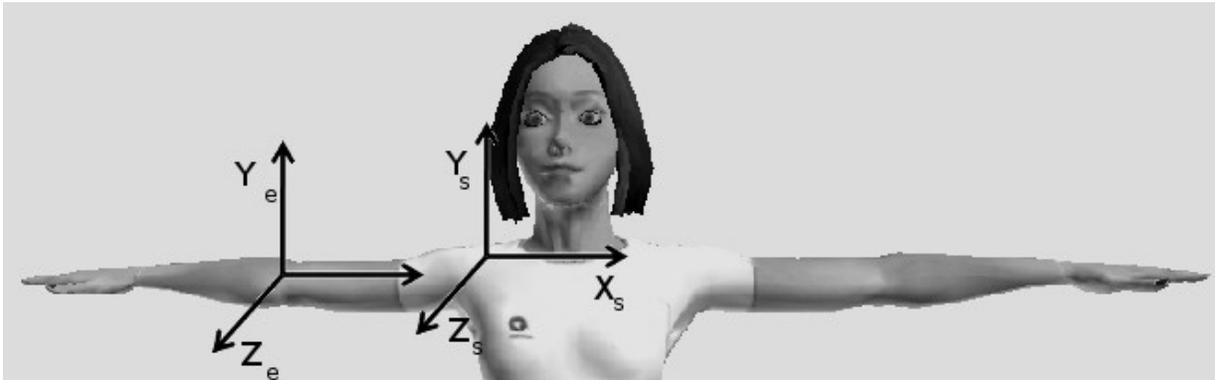


**Figura 3.21: Duas possíveis rotações de ombro e cotovelo para atingir o mesmo ponto.**

Uma vez que o posicionamento do cotovelo é relevante no entendimento dos sinais, este parâmetro não pode assumir um valor aleatório, devendo ser atribuído intencionalmente no sistema de transcrição. Levando em conta esta característica, para os propósitos deste trabalho, um mecanismo de cinemática inversa não é suficiente. Como trabalhos futuros, no Capítulo 7 discute-se a possibilidade de testes mais detalhados para o posicionamento dos braços com o uso de técnicas de cinemática inversa.

Diante das dificuldades expostas, a abordagem adotada para o presente trabalho consiste em mapear os pontos de localização definindo explicitamente rotações para as juntas do ombro e do cotovelo, posicionando assim a mão em no ponto desejado no espaço de sinalização. A localização das mãos no sistema proposto é responsável apenas por rotacionar as juntas dos ombros e cotovelos, uma vez que a rotação de antebraço e punho é descrita pelos atributos *palmOrientation*, *wrist* e *wristDeviation*.

Foi criado portanto um modelo com cinco graus de liberdade, como ilustra a Figura 3.22, que rotaciona o ombro em três eixos (X, Y e Z) e o cotovelo em dois eixos (Y e Z), de forma análoga à anatomia do braço humano. Na Figura 3.22 os parâmetros  $X_s$ ,  $Y_s$  e  $Z_s$  correspondem aos ângulos de rotação da junta do ombro nos eixos X, Y e Z, respectivamente. Os parâmetros  $Y_e$  e  $Z_e$  correspondem aos ângulo de rotação da junta do cotovelo nos eixos Y e Z, respectivamente.



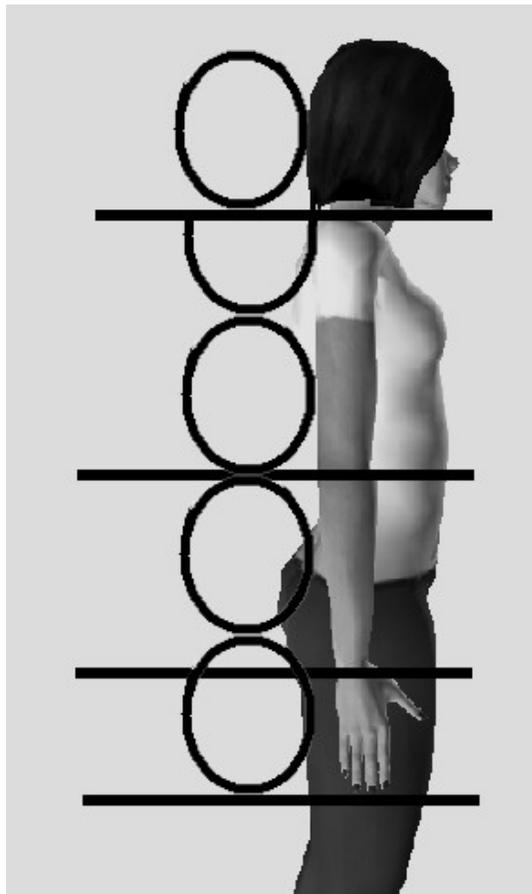
**Figura 3.22: Modelo de localização da mão no espaço de sinalização, com 5 graus de liberdade.**

O nome da localização, que será preenchido no atributo *location* na descrição do sinal, será dado pela junção dos parâmetros, como segue:  $X_s\_Y_s\_Z_s\_Y_e\_Z_e$ . A Figura 3.23 ilustra o posicionamento da mão direita no ponto de localização  $location = 0\_30\_ -85\_135\_0$ .



**Figura 3.23: Mão direita localizada no ponto  $0\_30\_ -85\_135\_0$ .**

Cabe ressaltar que esta proposta de posicionamento das mãos é dependente da proporcionalidade do modelo tridimensional do articulador, de forma que, se o modelo for substituído por outro, desde que mantidas as proporções, um mesmo ponto de localização no espaço será descrito pelos mesmos valores de rotação das juntas do ombro e cotovelo, para ambos os modelos. A proporção universalmente aceita para um humano é medida com base no tamanho da cabeça, como ilustra a Figura 3.24. O antebraço, do ombro até o cotovelo, deve medir uma vez e meia o tamanho da cabeça. O braço, do cotovelo até o pulso, deve medir uma vez e um quarto o tamanho da cabeça. A mão deve medir três quartos o tamanho da cabeça (Richer & Hale, 1971).



**Figura 3.24: Proporcionalidade do corpo.**

O modelo da Figura 3.23 resolve grande parte do problema de posicionamento das mãos no espaço de sinalização. Frequentemente porém, o ponto de localização da mão em um sinal da libras é descrito como um ponto de contato com o rosto, por exemplo, no canto da boca ou no meio da testa.

Liddell & Johnson (1989) mapearam estes pontos na ASL em regiões. Cada ponto de contato recebe um nome, na forma:

[%] [i] [região] [t ou b]

A região da face é compreendida por 12 símbolos diferentes, como segue:

- **BH** (*back of head*): região posterior da cabeça.
- **TH** (*top of head*): topo da cabeça.
- **FH** (*forehead*): testa.
- **SF** (*side of forehead*): lado da testa.
- **NS** (*nose*): nariz
- **CK** (*cheek*): bochecha.
- **ER** (*ear*): orelha.
- **MO** (*mouth*): boca.
- **LP** (*lip*): lábio.
- **JW** (*jaw*): mandíbula.
- **CN** (*chin*): queixo.
- **NK** (*neck*): pescoço.

Os símbolos acima podem ser precedidos por % e *i* e sucedidos por *t* ou *b*. Dessa forma Liddell & Johnson (1989) definem pontos de contato principais e pontos adjacentes aos principais. O símbolo *i* (ipsilateral) indica que o ponto de contato não corresponde exatamente à

região especificada, mas sim a um ponto em sua periferia. Se for do lado da mão dominante é precedido apenas por *i*, e se for do lado da mão não dominante, é precedido por *%i*. O sinal de % indica que o ponto de contato é contralateral ao ponto principal, ou seja, está do lado da mão não dominante, geralmente o lado esquerdo. Os símbolos de *t* e *b* indicam que o ponto de contato é acima (*top*) ou abaixo (*bottom*) do ponto principal. As Figuras 3.25 e 3.26 ilustram alguns pontos de contato no rosto e no corpo, respectivamente. Para maiores detalhes, consultar o original de Liddell & Johnson (1989).

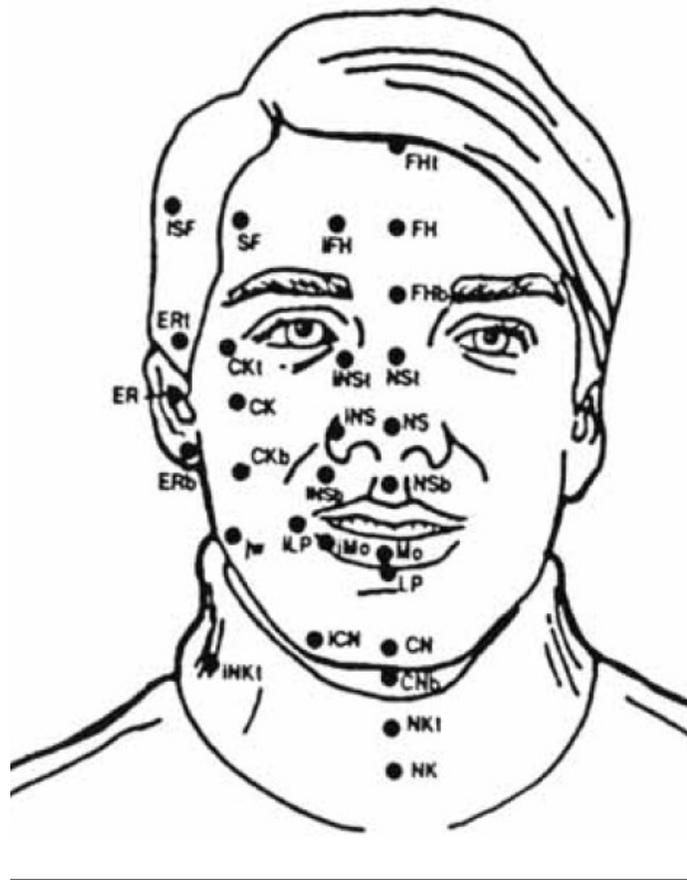


Figura 3.25: Pontos de localização de contato com o rosto mapeados por Liddell & Johnson (1989).

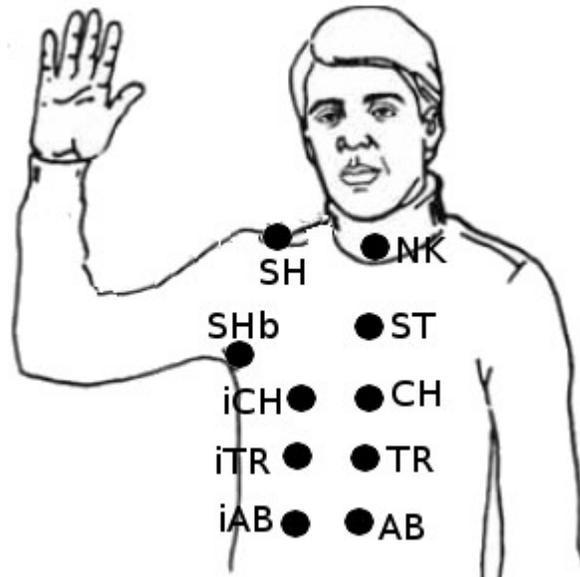
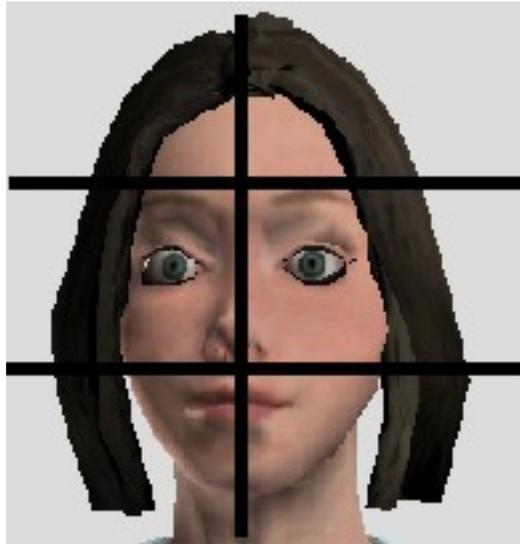


Figura 3.26: Pontos de localização de contato com o corpo mapeados por Liddell & Johnson (1989).

O sistema de transcrição proposto referencia os pontos de contato com a mesma nomenclatura proposta por Liddell & Johnson (1989). É importante observar porém que estes pontos de localização diferem de acordo com o avatar, uma vez que o tamanho e a disposição dos traços da face são diferentes em cada pessoa. Sendo assim, os pontos de contato com a face devem ser mapeados para cada modelo.

No entanto, existe também uma proporcionalidade na face humana. Em geral, a face pode ser dividida em seis partes, como ilustra a Figura 3.27. A base do nariz deve estar na mesma linha do lóbulo da orelha e o topo da sobrancelha deve estar na mesma linha do topo da orelha. A ponta do nariz deve estar em linha vertical com o meio da boca, do queixo e da testa. Mesmo seguindo estas proporções, a variação da localização dos pontos de contato pode ser muito grande, dificultando a criação de um mapeamento universal para todos os avatares. Optou-se portanto em personalizar os pontos de contato com o rosto de acordo com o modelo tridimensional utilizado. Dessa forma, os nomes dos pontos de contato serão os mesmos, mas as rotações necessárias nas

juntas do ombro e cotovelo para alcançar estes pontos podem não ser as mesmas em dois modelos diferentes.



**Figura 3.27: Proporcionalidade do rosto.**

Xavier (2006) analisa os pontos de contato na libras e ressalta que além de descrever o ponto no qual a mão irá tocar, é preciso descrever também qual parte da mão irá efetivamente realizar o contato. Este ponto de referência pode ser por exemplo a ponta do dedo indicador ou a palma da mão. Sendo assim é preciso distinguir qual parte da mão está voltada para o ponto de localização.

Não foi encontrada na literatura uma relação dos possíveis pontos na mão que realizam o contato na libras. Mas é possível inferir que, pelo fato de as línguas de sinais serem dinâmicas, qualquer listagem desses pontos deve ser flexível e permitir a inserção de novos valores. Foram listados alguns possíveis pontos da mão que realizam o contato, nomeados da seguinte forma: cada dedo possui oito pontos correspondentes às juntas: topo (t), distal (d), medial (m) e proximal (p), do lado da frente (f), ou seja, do lado de dentro da mão e do lado de trás (b), ou seja, do lado do dorso da mão. Sendo assim, para o indicador, temos os seguintes pontos de contato:

- itf = index (dedo indicador), top (topo), front (frente da mão)
- itb = index (dedo indicador), top (topo), back ( dorso da mão)
- idf = index (dedo indicador), junta distal (d), front (frente da mão)
- idb = index (dedo indicador), junta distal (d), back (dorso da mão)
- imf = index (dedo indicador), junta medial (d), front (frente da mão)
- imb = index (dedo indicador), junta medial (d), back (dorso da mão)
- ipf = index (dedo indicador), junta proximal (p), front (frente da mão)
- ipb = index (dedo indicador), junta proximal (p), back (dorso da mão)

Além dos pontos de cada junta de cada dedo, temos os pontos do meio da palma da mão (p), e do meio do dorso da mão (b), os pontos da lateral da mão (s1 e s2), os pontos do punho na frente (wf) e atrás (wb). A Figura 3.28 ilustra os pontos da mão que realizam o contato.

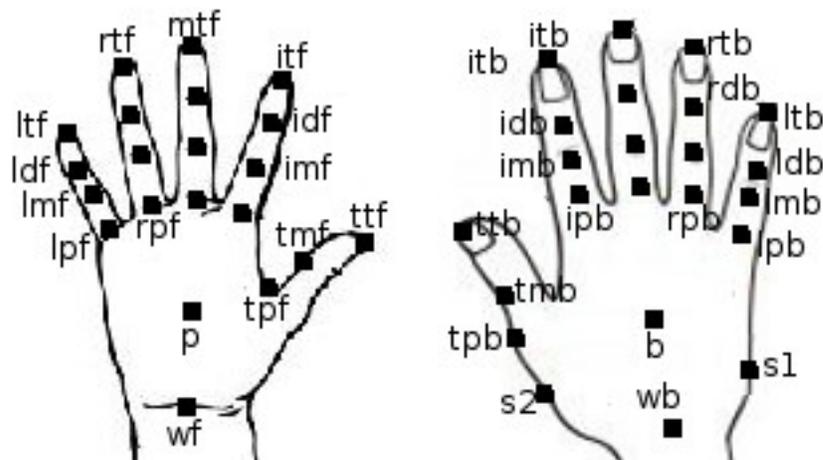


Figura 3.28: Pontos na mão que realizam contato.

Dessa forma, à nomenclatura do ponto de contato é acrescentado o sufixo com o nome do ponto que realiza o contato, por exemplo NS\_itf corresponde ao ponto de contato nariz (NS) sendo tocado pela ponta do indicador.

Além do contato com o rosto ou corpo pode acontecer o contato com roupas ou outras partes do corpo, como por exemplo puxar uma parte da camisa ou do cabelo. Este tipo de gesto é dependente direto de modelo, uma vez que cada personagem tem roupa e cabelos diferentes. Para resolver problemas dessa natureza o elemento *scripts* foi adicionado, permitindo que uma função externa seja invocada, passando como parâmetro os momentos em que a função deve ser inicializada e finalizada, ou melhor, quando a função deve ser invocada e até quando ela deverá ser executada. Estes valores são passados para a função com os atributos *start* e *finish*, e podem ter os valores *posex* ou *movementx*, em que *x* corresponde ao número da pose ou movimento no qual o *script* manual deve ser acionado e terminado.

### 3.3.5 Posição da face durante a pose do sinal

As expressões faciais são importantes e bastante exploradas na comunicação em língua de sinais. Durante a sinalização, expressões faciais são utilizadas para comunicar estados afetivos, entonação ou a intensificação de sinais, isto é, informação prosódica em geral. As expressões faciais podem ser divididas em dois grupos distintos: afetivas e gramaticais (Pimenta & Quadros, 2006).

As expressões afetivas são utilizadas para a comunicação de emoções. Pelos menos seis expressões faciais afetivas podem ser consideradas universais e independentes da cultura, possuindo, portanto, motivação biológica inata (Darwin e Ekman, 2009). São elas alegria, raiva, tristeza, medo, surpresa e nojo. A composição em diferentes graus destas expressões básicas permite representar outras trinta e três variações (Ekman & Friesen, 2003).

As expressões faciais gramaticais podem ser lexicais ou sentenciais. As lexicais estão ligadas diretamente ao grau de intensidade dos adjetivos. Um exemplo da variação da intensidade é o adjetivo “gordo”, que pode ser expresso em sua forma normal, no diminutivo ou no aumentativo: gordo, gordinho ou gordão. As expressões faciais gramaticais sentenciais exprimem conteúdo interrogativo, afirmativo, negativo e exclamativo, por exemplo.

Somada às expressões faciais afetivas e gramaticais, a movimentação articulatória visível associada à produção da fala também deve ser apresentada na face do sinalizador virtual. A reprodução desta movimentação é interessante para estabelecer um elo entre língua de sinal e língua oral, favorecendo a leitura orofacial.

No entanto, nas línguas de sinais as expressões faciais vão muito além das classificações mencionadas acima. Elas são usadas por exemplo, na contextualização de sinais, para exprimir o sentimento do articulador na narrativa, para transmitir emoções e até para classificar objetos e pessoas. Todas estas possibilidades exigem um trabalho à parte que explore melhor as expressões faciais em língua de sinais, e em especial para a libras.

No entanto, uma transcrição inicial das expressões faciais foi desenvolvida para o presente trabalho. No sistema de transcrição proposto as expressões faciais estão associadas ao elemento *pose* e são descritas pelo elemento *face*. O elemento *face* descreve separadamente os traços da face.

O atributo *preDefined* facilita descrições de expressões afetivas, como *alegre* ou *triste*. Este atributo pode ser utilizado quando não é desejada uma precisão muito grande na descrição da face, bastando dizer que a expressão é de alegria ou tristeza para uma boa sinalização. O atributo *preDefined* também pode ser utilizado para descrever expressões faciais gramaticais, como aumentativo e diminutivo. Por exemplo, a palavra gordo e gordão podem diferir apenas pela expressão facial associada a elas na transcrição.

Além de *preDefined*, o elemento *face* possui ainda outros dez atributos, descritos na Tabela 3.1. Estes atributos são de preenchimento opcional e com o valor inicial igual a *default*:

<b>Nome do atributo</b>	<b>Valores do atributo</b>
<i>forehead</i> (testa)	<i>creased</i> (franzida), <i>default</i> (neutra)
<i>eyebrows</i> (sobrancelhas)	<i>up</i> (cima), <i>default</i> (reta), <i>down</i> (baixo), <i>upInside</i> (para cima e para dentro)
<i>eyes</i> (olhos)	<i>default</i> (abertos), <i>squeezed</i> (espremidos), <i>closed</i> (fechados), <i>wide</i> (arregalados).
<i>look</i> (olhar)	<i>top</i> (para cima), <i>topRight</i> (cima, direita), <i>topLeft</i> (cima, esquerda), <i>default</i> (para frente), <i>low</i> (para baixo), <i>lowRight</i> (baixo, direita), <i>lowLeft</i> (baixo, esquerda), <i>right</i> (direita), <i>left</i> (esquerda)
<i>cheeks</i> (bochechas)	<i>inflated</i> (estufadas), <i>inflatedR</i> (estufada lado direito), <i>inflatedL</i> (estufada lado esquerdo), <i>sucked</i> (sugadas), <i>tight</i> (tensas), <i>blow</i> (soprar), <i>default</i> (neutras)
<i>nose</i> (nariz)	<i>wrinkled</i> (franzido), <i>default</i> (neutro)
<i>mouth</i> (boca)	<i>smile</i> (sorriso fechado), <i>laugh</i> (riso), <i>yawn</i> (bocejo), <i>kiss</i> (beijo), <i>tense</i> (tensa), <i>ajar</i> (entreaberta), <i>default</i> (neutra)
<i>viseme</i> (visemas)	O visema correspondente.
<i>tongue</i> (língua)	<i>default</i> (neutra, dentro da boca), <i>outsideMouth</i> (fora da boca)
<i>teeth</i>	<i>biteUpperLip</i> (superiores tocando lábio inferior), <i>biteLowerLip</i> (inferiores tocando lábio superior), <i>default</i> (neutros, dentro da boca).
<i>preDefined</i>	<i>angry</i> (raiva ou irritação), <i>happy</i> (alegria), <i>surprise</i> (surpresa), <i>fear</i> (medo), <i>disgust</i> (nojo ou aversão), <i>sarcasm</i> (sarcasmo), <i>contempt</i> (desprezo), <i>respect</i> (respeito), <i>disrespect</i> (desrespeito), <i>pity</i> (compaixão, pena), <i>default</i> (neutra), <i>augmentative</i> (aumentativo), <i>diminutive</i> (diminutivo), <i>agreement</i> (concordância).

Tabela 3.1: Expressões faciais.

### 3.3.6 Posição do corpo durante a pose do sinal

O posicionamento do corpo é descrito no sistema pelo elemento *body*. O mesmo elemento *body* também existe no elemento *movement*. A diferença é que no elemento *pose* apenas o posicionamento do corpo é realizado. No elemento *movement* é possível movimentar o corpo, com opções para acelerar, desacelerar e repetir o movimento. O elemento *body* filho do elemento *pose* contém os seguintes atributos:

- *headTranslation* : descreve a translação da cabeça e pode ser: *left* (esquerda: Figura 3.30 a), *right* (direita), *forward* (para frente: Figura 3.30 b), *back* (para trás) ou *default*.
- *headRotationX* : descreve a rotação da cabeça no eixo X, como num gesto afirmativo, quando inclina-se a cabeça para frente e para trás para fazer o sim. Os valores possíveis para o atributo são: *default* (Figura 3.31 a), *forward* (para frente, como olhar para baixo: Figura 3.31 b) ou *back* (para trás, como para olhar para cima).
- *headRotationY* : descreve a rotação da cabeça no eixo Y, como num gesto negativo, quando gira-se a cabeça para a direita e para a esquerda para fazer o não. Os valores possíveis para o atributo são: *default* (Figura 3.32 a), *left* (esquerda: Figura 3.32 b) ou *right* (direita).
- *headRotationZ* : descreve a rotação da cabeça no eixo Z, como quanto inclina-se a cabeça para os lados. Os valores possíveis para o atributo são: *default* (Figura 3.33 a), *left* (esquerda: Figura 3.33 b) ou *right* (direita).
- *body* : descreve a rotação do tronco e pode assumir os valores: *default* (Figura 3.34 a) *turnLeft* (Figura 3.34 b) ou *turnRight* (virar-se para a esquerda ou direita), *inclineForward* (Figura 3.34 c) ou *inclineBackward* (inclinar-se para frente ou para trás), *inclineLeft* (Figura 3.34 d) ou *inclineRight* (inclinar-se para esquerda ou para direita), .
- *lShoulder*: descreve a rotação do ombro esquerdo. Pode ser *shrug* (elevar), *circularFront*, *circularBack* ou *default* (posição de repouso do ombro). O atributo tem como padrão o valor *default*.
- *rShoulder*: descreve a rotação do ombro direito. Assim como *lShoulder*, pode ter o valor *shrug* (elevar), *circularFront*, *circularBack* ou *default* (posição de repouso do ombro). O atributo tem como padrão o valor *default*.
- *shoulders*: descreve rotações para os dois ombros simultaneamente, e pode assumir os mesmos valores dos atributos *lShoulder* e *rShoulder*.

Os atributos de posicionamento do corpo, quando não especificados, assumem o valor padrão *default*. Neste caso, nenhuma rotação ou translação é realizada para cabeça, tronco ou ombros. A Figura 3.29 ilustra o posicionamento *default* para a cabeça, em dois ângulos de visualização.

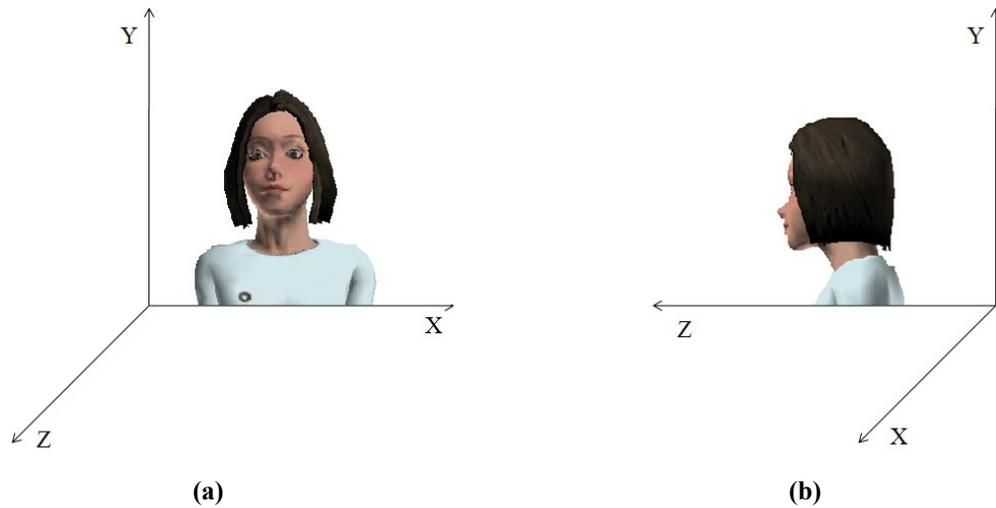


Figura 3.29: Cabeça e ombros no sistema cartesiano

Os posicionamentos para a cabeça estão ilustrados nas Figuras 3.30, 3.31, 3.32 e 3.33.

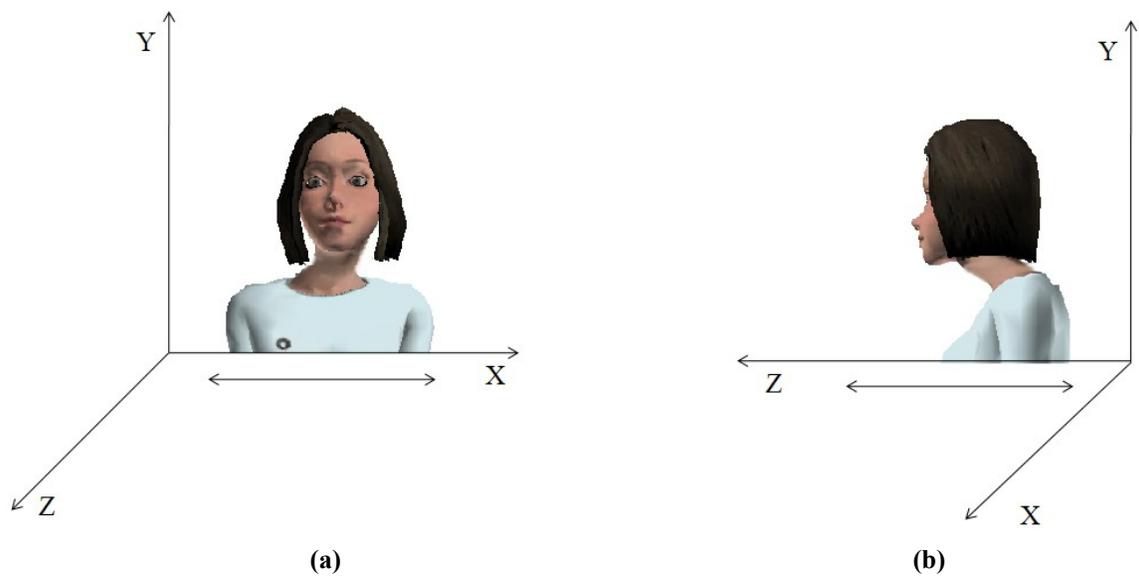


Figura 3.30: Translação da cabeça

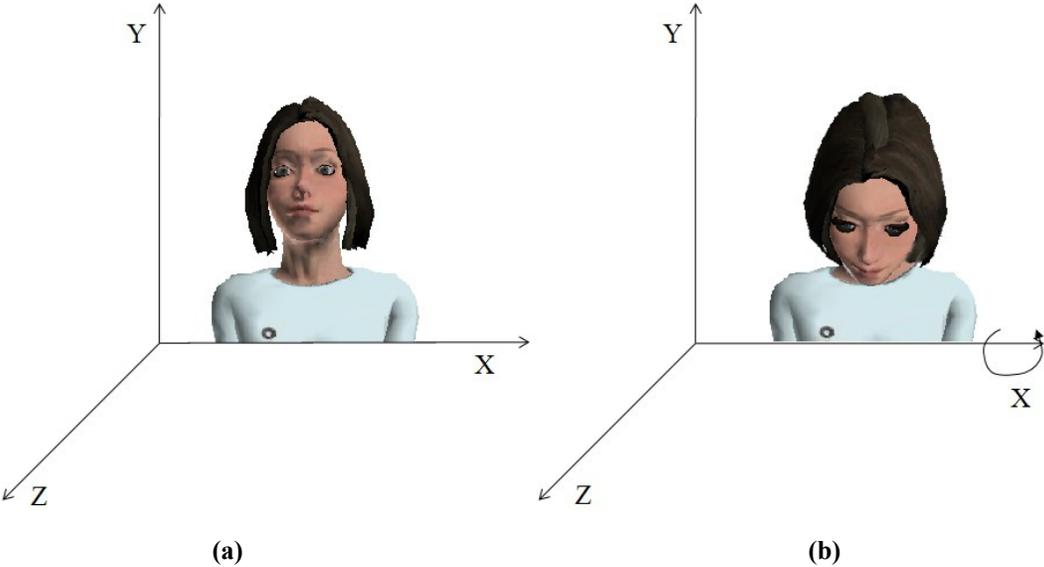


Figura 3.31: Rotação da cabeça no eixo X

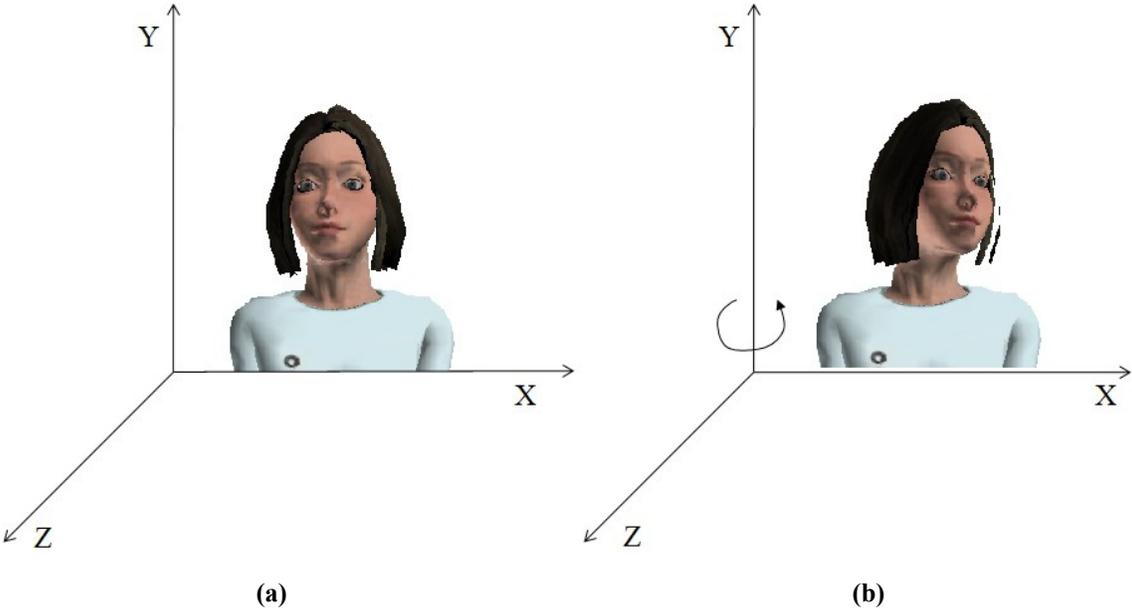


Figura 3.32: Rotação da cabeça no eixo Y

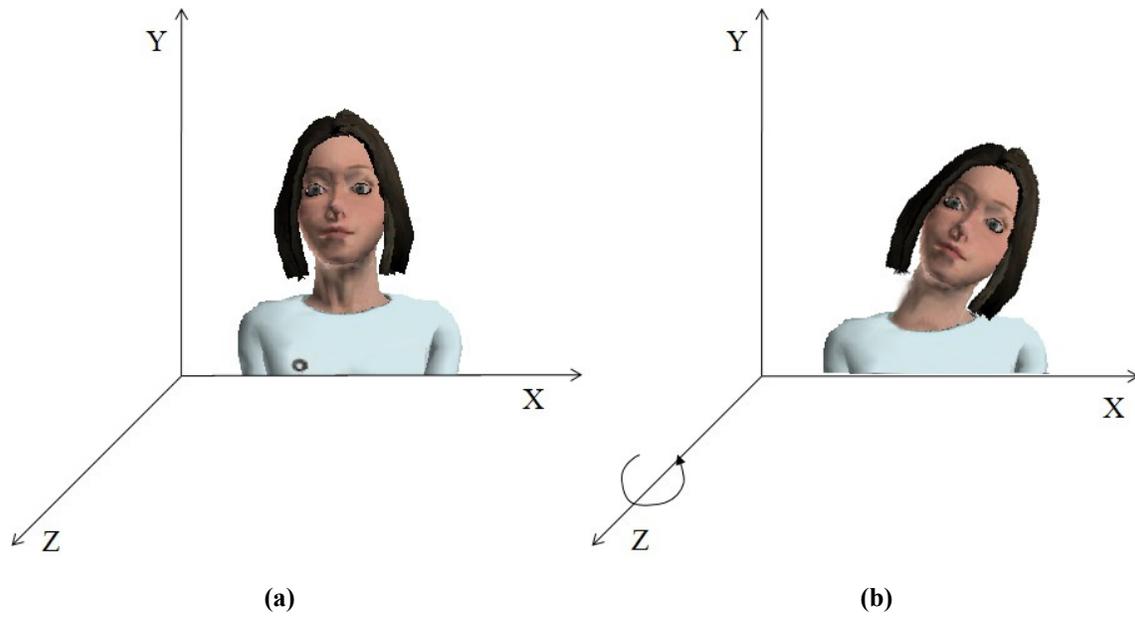


Figura 3.33: Rotação da cabeça no eixo Z

A Figura 3.34 ilustra os posicionamentos do corpo.

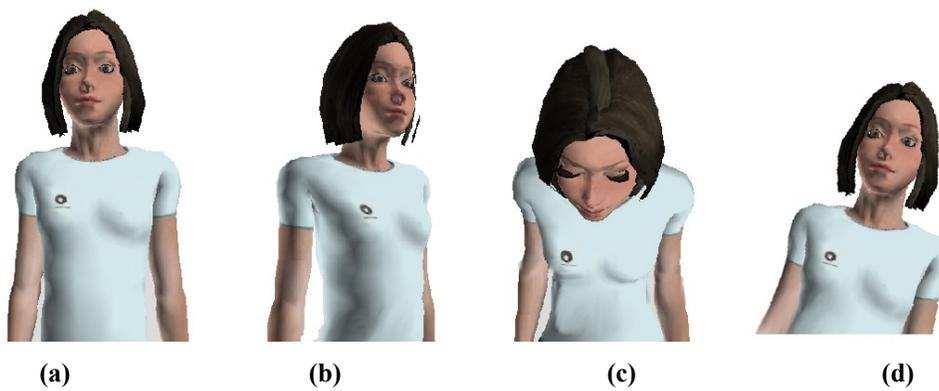


Figura 3.34: Posicionamento de tronco

### 3.3.7 Movimentos

Os sinais de uma língua sinalizada podem ou não conter movimentos. Alguns sinais da libras são formados apenas por uma configuração de mão em um ponto de localização do espaço de sinalização. No entanto, a grande maioria dos sinais da libras possuem algum tipo de movimento (Xavier, 2006). Conseqüentemente, a descrição de um sinal pode conter zero ou mais movimentos.

Liddell & Johnson (1989) chamaram de movimentos locais aqueles em que as mãos ficam “paradas” no espaço, ou seja, o ponto de sinalização não muda durante a sinalização do movimento. São movimentos de dedos e punho (Leite, 2008). Liddell & Johnson (1989) classificaram os movimentos locais em tamborilar, circular, esfregar, achatar, dobrar, soltar, dobrar juntas distais e torcer. Os movimentos globais são aqueles que movimentam as mãos pelo espaço de sinalização.

No sistema de transcrição proposto o elemento *movement* é utilizado para descrever os movimentos das línguas de sinais.

Os movimentos foram divididos em cinco tipos, cada um deles representado por um elemento filho do elemento *movement*:

- Espaciais (elemento *space*). Descreve movimentos das mãos no espaço de sinalização.
- De antebraço (elemento *forearm* ). Descreve o movimento de virar a palma das mãos. A descrição contida no elemento *forearm* rotaciona o antebraço para movimentar a palma da mão, voltando-a para cima e para baixo, por exemplo.
- De dedos (elemento *hand*). Descreve movimentos de dedos.
- De punho (elemento *wrist*). Descreve rotações do punho.
- De corpo (elemento *body*). Descreve movimentos de tronco, cabeça e ombros.

Cada um dos elementos filhos do elemento *movement* (exceto o elemento *pause*) contém os atributos *repeat*, *speed* e *side*.

O atributo *repeat* indica quantas vezes o mesmo movimento se repete, e pode ser qualquer número natural positivo. Por padrão, caso não informado nenhum valor para este atributo, assume-se que o movimento não se repete, ou seja, o valor *default* do atributo é 0. O atributo *repeat*, nos movimentos locais, além de indicar quantas vezes o mesmo movimento se repete também serve para dizer se o movimento retorna para a posição inicial, antes do movimento. Se o valor de *repeat* for igual a 1 (ou não preenchido), o movimento é realizado num sentido de apenas “vai”, sem voltar. Ou seja, a sinalização parte de uma posição A, realiza movimento até uma posição B, e a mão não retorna à posição A. Se o o valor de *repeat* for igual a 2, quer dizer que o movimento é do tipo “vai e volta”, ou seja, o movimento é realizado nos dois sentidos, a mão sai de A, e volta para B, posição que estava antes do movimento ser realizado. Para um valor de *repeat* igual a 3, o movimento vai de A para B, volta para A e vai para B novamente. E assim por diante.

É muito comum na libras ocorrer simultaneamente movimento espacial das mãos e movimento local de dedos (Xavier, 2006). Da mesma forma, em muitos sinais o movimento dos dedos se repete por várias vezes, enquanto durar o movimento espacial da mão. Dessa forma, o atributo *repeat*, quando utilizado para descrever um movimento de dedos, antebraço ou punho pode assumir o valor *INF* (*infinity*). O valor *INF* para o atributo *repeat* indica à implementação do sistema que repita o movimento enquanto o movimento espacial não acabar.

O atributo *speed* permite alterar a velocidade de execução padrão do movimento e possui valor numérico. O movimento do sinal MACIO (Figura 3.35), por exemplo, deve ser articulado com uma velocidade mais lenta do que o movimento do sinal MOTO (Figura 3.17). Podemos perceber a necessidade de um movimento lento pela descrição do sinal MACIO em Capovilla et. al. 2009, onde o autor descreve o movimento como “...unir as pontas dos dedos lentamente...”



**Figura 3.35: Sinal MACIO (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal MACIO: Mãos horizontais abertas, palmas para cima, dedos separados e curvados, lado a lado. Unir as pontas dos dedos lentamente, e separá-las, duas vezes.*

O atributo *side* indica em qual das mãos o movimento descrito deve ser articulado e pode conter os valores *dominant* (apenas na mão dominante), *nondominant* (apenas na mão não dominante) ou *both* (ambas as mãos são movimentadas). O valor padrão deste atributo é *dominant*.

### **Movimentos locais**

Os movimentos conhecidos como locais (Xavier, 2006) são divididos no sistema de transcrição proposto em movimentos de antebraço, de dedos e de pulso. São descritos com os elementos *forearm*, *hand* e *wrist*.

O movimento de antebraço é descrito com o elemento *forearm*. Este movimento faz com que a palma da mão seja rotacionada. O elemento *forearm* possui o atributo *orientation*, que admite como válidos os mesmos valores do atributo *palmOrientation* dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*. São eles:

- *supination*: movimento de supinação.
- *neutral*: não há rotação.
- *pronation*: movimento de pronação.

O elemento *hand* descreve o movimento local dos dedos das mãos. O movimento local dos dedos é implementado no sistema como a interpolação de duas configurações de mão. O elemento *hand* possui o atributo *configuration*, que pode assumir qualquer valor do atributo de mesmo nome dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*, filhos do elemento *pose*.

O elemento *wrist* descreve movimentos locais de pulso e possui os atributos *wrist* e *wristDeviation* que assumem qualquer valor dos atributos *wrist* e *wristDeviation*, respectivamente, ambos dos elementos *dominantHand* e *nondominantHand*, filhos do elemento *pose*. Os valores possíveis para o atributo *wrist* são:

- *extension*: movimento de extensão.
- *relaxedExtension*: movimento de extensão relaxada, ou melhor, extensão num grau menor do que *extension*.
- *neutral*: movimento para a posição neutra, sem rotação.
- *relaxedFlexion*: movimento de flexão relaxada, ou melhor, flexão num grau menor do que *flexion*.
- *flexion*: movimento de flexão.

Os valores possíveis para o atributo *wristDeviation* são:

- *radialDeviation*
- *ulnarDeviation*
- *default*

É importante observar que é possível descrever mais de um movimento local para um mesmo sinal, conferindo flexibilidade à notação. Dessa forma é possível descrever movimentos diferentes para punho e antebraço, que ocorram simultaneamente.

Os movimentos corporais são descritos no sistema pelo elemento *body* e contém os seguintes atributos:

- *headTranslation* : descreve o movimento de translação da cabeça e pode conter os valores: *left* (mover para esquerda), *right* (mover para direita), *forward* (mover para frente), *back* (mover para trás) ou *default* (mover para posição padrão).
- *headRotationX* : descreve o movimento de rotação da cabeça no eixo X. Pode conter os valores: *default* (rotacionar para posição padrão), *forward* (rotacionar cabeça para frente, como olhar para baixo) ou *back* (rotacionar cabeça para trás, como para olhar para cima).
- *headRotationY* : descreve o movimento de rotação da cabeça no eixo Y. Pode conter os valores: *default* (rotacionar para posição padrão), *left* (rotacionar para esquerda) ou *right* (rotacionar para direita).
- *headRotationZ* : descreve o movimento de rotação da cabeça no eixo Z. Pode conter os valores: *default* (rotacionar para posição padrão), *left* (rotacionar para esquerda) ou *right* (rotacionar para direita).
- *body* : descreve o movimento do tronco e pode assumir os valores: *turnLeft* (virar-se para a esquerda), *turnRight* (virar-se para a direita), *inclineLeft* (inclinar-se para esquerda), *inclineRight* (inclinar-se para direita), *inclineForward* (inclinar-se para frente) e *inclineBackward* (inclinar-se para trás).
- *lShoulder*: descreve movimentos do ombro esquerdo. Pode ser *shrug* (elevar), *circularFront*, *circularBack* ou *default* (posição de repouso do ombro). O atributo tem como padrão o valor *default*.
- *rShoulder*: descreve movimentos do ombro direito. Assim como *lShoulder*, pode ter o valor *shrug* (elevar), *circularFront*, *circularBack* ou *default* (posição de repouso do ombro). O atributo tem como padrão o valor *default*.

- *shoulders*: descreve que o movimento ocorrerá nos dois ombros simultaneamente, e pode assumir os mesmos valores dos atributos *lShoulder* e *rShoulder*.
- *repeat*: repetição do movimento.
- *speed*: velocidade do movimento.

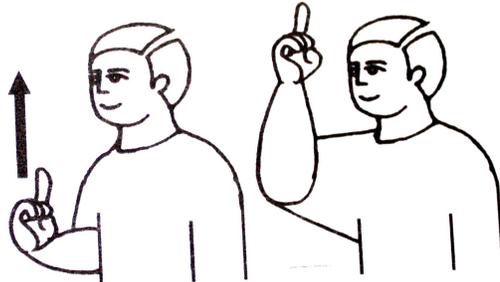
### **Movimentos no espaço de sinalização**

Os movimentos espaciais são as trajetórias entre duas poses, dentro de um mesmo sinal. Este movimento também pode ser automático e inconsciente, como por exemplo a acomodação das mãos para a posição de repouso, ou o posicionamento das mãos em algum ponto do espaço tridimensional. Nestes casos, a trajetória do movimento não precisa necessariamente ser descrita, uma vez que a reprodução computacional do sinal deve resolver o problema, interpolando naturalmente as posições das mãos.

No entanto, existem movimentos que não são simples acomodações das mãos, ou seja, movimentos nos quais a trajetória entre as poses é intencional e faz parte do sinal. Nestes casos o movimento deve ser descrito em detalhes.

Movimentos espaciais são articulados com o deslocamento das mãos pelo espaço de sinalização. São descritos no sistema de transcrição com o elemento *space*, filho do elemento *movement*. O elemento *space* possui, além de *side*, *repeat* e *speed* (presentes também nos movimentos de antebraço, dedos e punho) o atributo *locationList*.

Para descrever o movimento foi adotada uma estratégia de trajetória, descrita pelo atributo *locationList*, atributo que admite mais de um valor, ou melhor, uma lista de pontos de localização, mesmos pontos do atributo *location*. Uma sequência de pontos de localização no espaço são definidos, e estes pontos descrevem exatamente a trajetória que a mão vai percorrer durante a sinalização do movimento. Por exemplo, o sinal DEUS (Figura 3.36) da libras pode ser descrito como contendo um movimento espacial entre dois pontos.



**Figura 3.36: Sinal DEUS (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal DEUS: Mão em D, palma para a esquerda. Movê-la para cima, acima da cabeça.*

Finalmente, o elemento *pause* descreve uma pausa, em segundos, na sinalização.

### 3.3.8 Sinais compostos

Nas línguas de sinais, sinais compostos são aqueles formados pela composição de dois ou mais sinais.

Alguns exemplos de sinais compostos da libras:

AÇOUGUEIRO = VENDER + CARNE

ZEBRA = CAVALO+LISTRAS

Para descrever um sinal que seja composto por outros sinais foi criado o elemento *compounds*, que descreve um sinal como sendo a sinalização de dois ou mais sinais já descritos. O elemento *compounds* permite ao usuário citar os sinais componentes, poupando o usuário de descrever estes mesmos sinais novamente, desde que não exista necessidade de parametrização dos sinais componentes.

### 3.4 Sequencialidade

A organização sequencial dos sinais foi apontada por Liddell (1984) mostrando que os sinais da ASL podem ser divididos em dois tipos: unitários e sequenciais.

Nos sinais unitários os traços são estáveis, ou seja, informações de configuração de mão, orientação da palma da mão e localização, por exemplo, permanecem iguais durante a sinalização do sinal, podendo ou não conter movimento. Esses sinais também são chamados de mono-segmentais e, na libras, são menos numerosos que os sinais sequenciais (Xavier, 2006). Dentre os sinais que não apresentam uma sequência de atividades da mão podemos citar o sinal SILÊNCIO da libras, ilustrado na Figura 3.37.



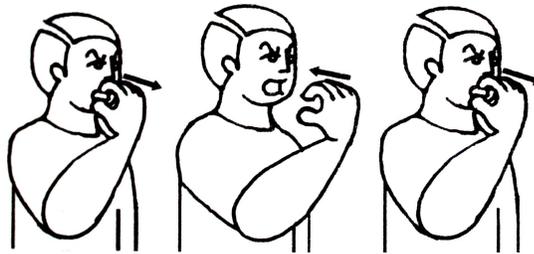
**Figura 3.37: Sinal SILÊNCIO da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal SILÊNCIO: Mão em 1, posicionada em frente à boca.*

Já os sinais sequenciais são chamados também de pluri-segmentais (Xavier, 2006) e apresentam mais de um traço de suspensão e/ou movimento. Constituem a maioria dos sinais no léxico da ASL e se caracterizam por apresentarem sequencialidade na realização de alguns dos traços articulatórios, ou seja, existe uma ordem fixa para eles. Liddell demonstra que alguns sinais da ASL possuem duas configurações de mão, e/ou movimentos, e/ou localizações, que necessariamente devem ser articulados em sequencia.

No sistema de transcrição proposto, a ordem dos elementos *pose* e *movement* deve ser respeitada na implementação. Por exemplo, no sinal CACHORRO da libras, ilustrado na Figura 3.38, nos dois momentos em que as mãos estão paradas, a configuração de mão, a orientação da

palma, a localização, entre outros traços, apresentam-se estáveis. É somente durante o movimento, da posição inicial à final, que alguns destes traços variam (neste caso varia a localização da mão). No entanto, o sinal segue uma sequência na sinalização que deve ser respeitada. Trocar a ordem das poses resultará num sinal inválido ou no mínimo, pouco inteligível, estranho aos olhos de alguém fluente em libras. Em alguns casos, trocar a ordem entre as poses e movimentos pode até resultar no entendimento de outro sinal diferente daquele que se desejou descrever.



**Figura 3.38: Sinal CACHORRO da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal CACHORRO: Mão vertical aberta, palma para trás, dedos separados e curvados, diante da boca. Movê-la ligeiramente para frente e para trás.*

Nota-se que a sequência da realização de cada componente do sinal é uma informação importante para a animação do agente virtual. Em geral, um conhecedor das notações tradicionais consegue deduzir quando e como combinar os traços do sinal, como configuração de mão, movimentos locais, trajetórias e os demais componentes de um sinal isolado. Mas nem sempre esta informação é explícita nas notações tradicionais. Para a sinalização virtual estas informações não são tão óbvias, devendo, portanto, serem consideradas explicitamente no sistema de transcrição.

A sinalização do sinal pelo agente virtual respeita a sequência de cada pose e movimento conforme aparece na transcrição do sinal. Dessa forma, a sequência da sinalização de cada pose ou movimento é descrita explicitamente, de forma não ambígua, evitando eventuais erros na sinalização.

É importante ressaltar que as informações descritas dentro de uma mesma pose são articuladas simultaneamente. Dessa forma, configuração de mão, rotação de pulso e antebraço, da mão dominante e não dominante, bem como expressões faciais e corporais, descritos em um mesmo elemento *pose* são articulados ao mesmo tempo. De forma análoga, movimentos de pulso, dedos, antebraço e corpo, bem como o movimento das mãos pelo espaço, quando descritos dentro de um mesmo elemento *movement* são articulados simultaneamente pelo avatar.

### 3.5 Exemplo de transcrição

Para exemplificar sinais descritos com o sistema de transcrição proposto, considere o sinal CACHORRO da libras, ilustrado na Figura 3.38. Este sinal é descrito no sistema de transcrição como segue:

1. Sign name=**CACHORRO**
2. pose
3. dominantHand configuration=**43** location=**-20\_45\_85\_100\_-15**  
palmOrientation=**supination**
4. movement
5. space repeat=**2** trajectory=**-20\_45\_85\_123\_-15**
- 6.
7. configuration name="**43**"
8. index proximal="**-35.0**" distal="**-25.0**" inclined="**0.0**"
9. middle proximal="**-35.0**" distal="**-25.0**" inclined="**0.0**"
10. ring proximal="**-35.0**" distal="**-25.0**" inclined="**0.0**"
11. little proximal="**-35.0**" distal="**-25.0**" inclined="**0.0**"
12. thumb proximal="**10.0**" distal="**0**" metacarpal="**-39.6**" inclined="**-30**"

**Figura 3.39: Exemplo de transcrição do sinal CACHORRO da libras**

Interpretando a descrição da Figura 3.39, é possível entender que o sinal tem uma pose e um movimento. A pose tem configuração como ilustra a Figura 3.38. A esta configuração de mão é atribuído o nome 43. A mão se localiza na posição **-20\_45\_85\_100\_-15**, onde os parâmetros significam as rotações necessárias nos eixos x, y e z do ombro e nos eixos y e z do cotovelo, respectivamente. A orientação da palma da mão é supinada. Após articular a pose, a mão se move em uma trajetória que vai em contato com a boca, na posição **-20\_45\_85\_123\_-15**. O atributo *repeat* faz com que a mão toque a boca, depois volte para a posição **-20\_45\_85\_100\_-15** e depois novamente toque a boca.

É importante ressaltar que, da maneira como está organizado, o sistema de transcrição admite mais de uma descrição para um mesmo sinal. Ou melhor, é possível descrever de maneiras diferentes a mesma sinalização, de modo que as diferentes descrições resultem em uma mesma animação.

Para exemplificar, considere ainda o sinal CACHORRO. A descrição ilustrada na Figura 3.39 é válida, porém não é a única descrição possível com o sistema proposto. Sinais como CACHORRO da libras podem, sob o ponto de vista do sistema de transcrição proposto, serem vistos como sendo compostos por duas ou mais poses, ao invés de poses seguidas de movimentos.

Dessa forma, uma descrição alternativa para o sinal CACHORRO é dada a seguir:

1. Sign
2. pose
3. dominantHand configuration=**43** location=**-20\_45\_-85\_100\_-15**  
palmOrientation=**supination**
4. pose
5. dominantHand configuration=**43** location=**-20\_45\_-85\_123\_-15**  
palmOrientation=**supination**
6. pose
7. dominantHand configuration=**43** location=**-20\_45\_-85\_100\_-15**  
palmOrientation=**supination**
8. pose

9. dominantHand configuration=**43** location=**-20\_45\_-85\_123\_-15**  
palmOrientation=**supination**

**Figura 3.40: Alternativa de transcrição do sinal CACHORRO da libras**

Embora mais extensa, a descrição da Figura 3.40, quando interpretada no programa, gera a mesma sinalização da descrição da Figura 3.39, que resulta no sinal CACHORRO da libras.

No Capítulo 5 serão apresentados exemplos de transcrição com a utilização de arquivos XML, que foram implementados no programa de computador e animados com o avatar. No Apêndice III são apresentadas as descrições em XML de todos os sinais utilizados na avaliação deste trabalho.

### **3.6 Considerações finais**

Este capítulo apresentou um sistema de transcrição para língua de sinais voltado à implementação de agentes virtuais sinalizadores.

Existem outras propostas de sinalizadores virtuais, no entanto, os sistemas de transcrição tradicionais não foram criados com o intuito de gerar animação, e possuem informações implícitas e incompletas, não oferecendo todos os dados necessários para uma reprodução realista por agentes virtuais sinalizadores.

Apenas com as notações já existentes é impossível o entendimento inequívoco de como reproduzir os sinais de forma automática e gerar animações de avatares tridimensionais. Para este fim, faz-se necessária a utilização de outras fontes de informações, como anotações adicionais, glosas, imagens e interferência humana, para que as informações implícitas sejam de alguma forma descritas e armazenadas.

O presente capítulo tem por objetivo apresentar um sistema de transcrição das línguas de sinais que armazene todas as informações relevantes para gerar sinalizações em libras, de forma automática e em tempo real, com o uso de avatares virtuais tridimensionais.

O sistema de transcrição aqui proposto oferece uma ferramenta de descrição dos sinais detalhada, abrangendo as informações relevantes para a animação de um personagem sinalizador virtual. O sistema descreve os sinais através de suas características mínimas sem, no entanto, o intuito de fazer uma análise linguística dos sinais. O objetivo do sistema de transcrição não é substituir o intérprete real nem tampouco oferecer uma ferramenta de transcrição para ser usada pelos surdos em seu cotidiano para registrar os sinais de maneira escrita. Por outro lado, a proposta apresentada neste trabalho tem por objetivo oferecer um sistema de transcrição para armazenar conteúdo em língua de sinais de forma digital e posteriormente animar personagens tridimensionais, rotacionando as juntas de um avatar sinalizador.

## Capítulo 4

### Transcrição de enunciados em língua de sinais

#### 4.1 Introdução

No capítulo anterior foram descritos sinais isolados da libras. No entanto, para a produção de frases de forma natural, não robótica, não basta articular sequências de sinais sem conexão entre si e independentes de contexto.

Apesar de os sistemas de transcrição encontrados na literatura representarem os sinais isoladamente, é imprescindível que uma notação que se proponha a gerar conteúdo em língua de sinais seja capaz de acomodar também a estrutura gramatical da língua sinalizada. A maneira como o sinal está inserido no contexto da frase também tem de ser de alguma forma descrita e posteriormente interpretada pelo sinalizador virtual. Para criar conteúdo em libras, as frases devem obedecer à estrutura da libras e não a do português (Brito, 1995).

Um sistema de transcrição deve oferecer a possibilidade de parametrizar os sinais para que sejam articulados de forma diferente da encontrada nos dicionários prevendo, por exemplo, flexão verbal e nominal, prosódia e coarticulação.

É importante notar que o objetivo desta parametrização não é oferecer um mecanismo de tradução do português para libras. No entanto, o sistema de transcrição proposto deve suportar as peculiaridades da gramática das línguas de sinais.

Vários trabalhos (Brito, 1995; Felipe, 2002; Liddell, 2003; McCleary & Viotti, 2007; Leita, 2008; Moreira, 2008; Xavier, 2011; Lu & Huenerfauth, 2011) apontam para pontos relevantes para a criação de conteúdo sinalizado. O presente capítulo tem por objetivo analisar as questões levantadas nestes trabalhos e a partir delas oferecer uma extensão do sistema de transcrição proposto no Capítulo 3. Este sistema de transcrição estendido é um primeiro passo na tentativa de

auxiliar o usuário na criação de conteúdo virtual em língua de sinais que seja mais verossímil e próximo às sinalizações produzidas pelos surdos e intérpretes.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: a Seção 4.2 discute flexão nas línguas orais; a Seção 4.3 analisa os principais estudos que apontam como a flexão ocorre nas línguas de sinais; na Seção 4.4 são discutidos aspectos de expressividade que flexionam sinais; a Seção 4.5 discorre sobre a segmentação; a Seção 4.6 trata aspectos de coarticulação nas línguas de sinais e a Seção 4.7 apresenta o sistema de transcrição de enunciados, proposto como extensão ao sistema do Capítulo 3, que tem por objetivo abranger as características da gramática das línguas de sinais descritas nas seções anteriores.

## 4.2 Flexão de palavras nas línguas orais

Flexão de palavras é o processo no qual uma mesma palavra pode aparecer em diferentes formas. São palavras que se flexionam, por exemplo, para o plural, feminino ou superlativo. Quando uma palavra pode sofrer flexão ela é chamada de variável. Em português existem dez classes gramaticais, sendo seis variáveis: artigo, adjetivo, pronome, numeral, substantivo e verbo.

Na língua portuguesa, os artigos podem sofrer flexão de gênero (masculino/feminino) e número (singular/plural), como segue:

- artigo definido: o, a, os, as
- artigo indefinido: um, uma, uns, umas.

A flexão de adjetivos pode ser de três naturezas: gênero (bonito/bonita), número (bonito, bonitos) e grau (aumentativo/diminutivo, por exemplo, bonito, bonit**inho**, bonit**ão**).

Pronomes são palavras que substituem o nome ou a palavra que o acompanha. Podem ser pessoais, possessivos, demonstrativos, indefinidos, interrogativos e relativos. Já os determinantes

acompanham os nomes, acrescentando determinações ao seu significado. Podem ser artigos, possessivos, demonstrativos, indefinidos, interrogativos e numerais.

Pronomes e determinantes podem sofrer flexão de gênero, número ou pessoa (1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup>/3<sup>a</sup>), como segue:

- **Pessoais:** designam as três pessoas do discurso (no singular e no plural). Exemplo: eu, tu, ele, ela, nós, vós, eles, elas. Me, te, se, lhe, o, a, nos, vos, se, lhes, os, as. Mim, comigo, ti, contigo, si, consigo, conosco, convosco. Também são pessoais os pronomes de tratamento: você, o senhor, a senhora, vossa senhoria, vossa Excelência.
- **Possessivos:** indicam a posse em relação às pessoas do discurso. Exemplo: meu, minha, meus, minhas, nosso, nossa, nossos, nossas, teu, tua, teus, tuas, vosso, vossa, vossos, vossas, seu, sua, seus, suas.
- **Demonstrativos:** indicam o lugar ou a posição dos seres em relação às pessoas do discurso. 1<sup>a</sup>. Pessoa: Este, esta, estes, estas, isto; 2<sup>a</sup>. Pessoa: Esse, essa, esses, essas, isso; 3<sup>a</sup>. Pessoa: Aquele, aquela, aqueles, aquelas, aquilo.
- **Relativos:** representam, em uma oração, os nomes mencionados na oração anterior. Exemplo: que, quem, quanto(s), quanta(s), cujo(s), cuja(s), o qual, a qual, os quais, as quais.
- **Indefinidos:** referem-se à terceira pessoa do discurso num sentido vago ou exprimindo quantidade indeterminada. Exemplos: algum, nenhum, qualquer, ninguém, onde.
- **Interrogativos:** consistem em pronomes relativos (quem, que, qual, quanto) com referência a pessoas e coisas. São utilizados em perguntas diretas ou indiretas.

Numerais são palavras que designam os números ou sua ordem de sucessão. Podem ser de quatro tipos:

- Cardinais: um, dois, três, vinte, trinta. Na língua portuguesa os cardinais podem sofrer flexão de gênero (um/uma, dois/duas) ou número (uma/umas, bilhão/bilhões).
- Ordinais: primeiro, segundo, terceiro, vigésimo, trigésimo. Flexionam-se em gênero e número (primeiros/primeiras).
- Fracionários: meio, um terço, um quinto. Os numerais fracionários concordam em gênero e número com os numerais cardinais quando indicam o número das partes (dois terços/terça parte).
- Multiplicativos: duplo, dobro, triplo, quádruplo. Quando na função de adjetivos, variam em gênero e número (duplo/dupla/duplas)

Na língua portuguesa os substantivos, assim como adjetivos, podem sofrer flexão de gênero, número e grau: menino, menina, meninos, **menininho**.

Na língua portuguesa os verbos podem sofrer maior número de flexão, e aparecem de várias formas nas frases, dependendo do contexto. No português os verbos têm as seguintes categorias de flexão:

- Número: singular e plural (estuda/estudam).
- Pessoa: primeira (eu estudo), segunda (você estuda), terceira (ele estuda).
- Modo: indicativo (estudo), subjuntivo (que eu estude) e imperativo (estude você), além das formas nominais: infinitivo (estudar), gerúndio (estudando) e particípio (estudado).
- Tempo: presente (estudo), pretérito perfeito (estudei), pretérito imperfeito (estudava), pretérito mais-que-perfeito (estudara), futuro do presente (estudarei) e futuro do pretérito (estudaria).

Verbos ainda podem aparecer nas frases na voz ativa ou passiva. Por exemplo: “Eu estudo a matéria” (voz ativa) ou “A matéria é estudada por mim” (voz passiva).

### 4.3 Flexão nas línguas de sinais

Como mencionado na seção anterior, as palavras do português, de acordo com sua classe gramatical, podem sofrer flexão de gênero, número, grau, pessoa, modo, tempo e voz.

Línguas diferentes não possuem necessariamente as mesmas classes gramaticas. Em inglês, por exemplo, existe somente uma forma para artigo definido: “the”. A ausência ou o tamanho reduzido de uma classe gramatical em uma língua não implica carência ou inferioridade dessa língua. São apenas formas diferenciadas para expressar os mesmos conceitos (Brito, 1995).

Por exemplo, na libras os artigos, preposições e conjunções não são sinalizados. Os verbos são comumente articulados no infinitivo. Por exemplo, a frase sinalizada em libras: VOCÊ GOSTAR CURSO? pode ser traduzida em português para: *Você gosta do curso?* Neste exemplo a conjugação do verbo *gostar* na segunda pessoa do singular, que ocorre na frase em português, não está presente na frase equivalente, em língua de sinais, e é deduzida do contexto. O ponto de interrogação pode ser articulado com uma expressão facial de questionamento, por exemplo levantando as sobrancelhas e acenando para cima com a cabeça.

Na libras a flexão de gênero é indicada articulando-se o sinal HOMEM ou MULHER antes do sinal que sofrerá flexão, como nos exemplos da Tabela 4.1. Este recurso é utilizado para pessoas e animais (Strobel & Fernandes, 1998).

Glosa da libras	Palavra correspondente do português
HOMEM VELH@	vovô
MULHER VELH@	vovó

**Tabela 4.1: Exemplos de flexão de gênero**

Linguistas comumente utilizam o símbolo @ no final da glosa para indicar que o sinal não sofre flexão de gênero ou número. Novamente, para estes exemplos a tradução correta é diretamente dependente de contexto.

A flexão de número na libras comumente ocorre com a repetição da sinalização de um sinal, indicando que o mesmo se encontra no plural (Brito, 1995).

Repetição também é utilizada nos intensificadores e advérbios de modo. Por exemplo, articula-se um mesmo sinal várias vezes, exagerando-o no contexto da frase, para intensificar o significado do sinal, como nos exemplos da Tabela 4.2. Aceleração na velocidade de sinalização e soletração também pode funcionar como ênfase na libras.

<b>Glosa da libras</b>	<b>Palavra correspondente do português</b>
COMER COMER COMER	Comer sem parar.
FUMAR FUMAR FUMAR	Fumar muito.
FALAR FALAR FALAR	Falar demais.

**Tabela 4.2: Exemplos de intensificadores por repetição**

Expressões faciais são amplamente utilizadas na libras para contextualizar sinais. Um exemplo desse uso é na flexão de grau. Por exemplo, a sinalização de BONITO pode ser enfatizada com expressão facial alegre e sobrancelhas levantadas. Dessa forma a tradução para o português poderia aplicar a flexão de grau de “bonito” para “bonitão”.

Frases sinalizadas nas formas afirmativa, exclamativa, interrogativa, negativa e imperativa geralmente incorporam expressões não manuais, como segue:

- Afirmativa: a expressão facial é neutra.
- Interrogativa: sobrancelhas franzidas e um ligeiro movimento da cabeça, inclinando-se para cima.
- Exclamativa: sobrancelhas levantadas e um ligeiro movimento da cabeça inclinando-se para cima e para baixo.
- Negativa: realizando-se um movimento negativo com a cabeça

Frases negativas também podem incorporar um sinal de negação com o dedo indicador, sinal NÃO.

A flexão de pessoa ocorre nas línguas de sinais por meio do sistema de apontamento, apontando-se a mão para o emissor, receptor ou um local qualquer indicando terceira pessoa. Para os pronomes, configurações de mão diferentes indicam singular e plural.

A flexão verbal na libras, assim como no português, é mais detalhada do que a flexão de artigos, adjetivos e substantivos, por exemplo. Além de repetição e expressões faciais, são utilizados recursos de classificadores, alternância no número de mãos e o uso de advérbios. A seguir serão analisadas as flexões de sinais na libras de acordo com as classes gramaticais variáveis do português: artigo, adjetivo, pronome, numeral, substantivo e verbo.

#### **4.3.1 Flexão de artigos**

Na estruturação da libras foi observado que não são usados artigos, preposições e conjunções (Strobel & Fernandes, 1998). Dessa forma a flexão de artigos não se aplica para a libras.

#### **4.3.2 Flexão de adjetivos**

Os sinais de adjetivos são articulados na forma neutra na libras, ou seja, não há flexão de gênero ou número. A flexão de grau é indicada por expressões faciais. Adjetivos na libras geralmente aparecem na frase após o substantivo que qualificam, como mostra o exemplo (Strobel & Fernandes, 1998):

Libras: GAT@ PEQUEN@ COR BRANC@ ESPERT@

Português: “O gato é pequeno, branco e esperto.”

### 4.3.3 Flexão de pronomes

Os pronomes na língua portuguesa podem sofrer flexão de gênero, número ou pessoa e são classificados em seis classes: pessoais, possessivos, demonstrativos, relativos, indefinidos e interrogativos.

Os pronomes pessoais são representados em línguas de sinais pelo sistema de apontamento, ou seja, apontando-se para pessoas e objetos ao redor do articulador.

Liddell (2003) descreve que os pronomes pessoais, assim como os verbos indicadores, são articulados em frente e ao redor do corpo do sinalizador. É comum o sinalizador apontar para um local específico durante uma narrativa significando o espaço hipotético onde um personagem da história estaria localizado. Os verbos e pronomes que dizem respeito a este personagem e que sofrem flexão quanto à pessoa do discurso, no decorrer da narrativa, apontarão portanto para este local pré-definido.

Moreira (2008) faz uma descrição da dêixis de pessoa na libras para pronomes pessoais e verbos indicadores. A autora aponta que na libras alguns pronomes demonstrativos podem ser expressões dêiticas, ou seja, podem sofrer alterações em sua forma para assim apontarem para pontos no espaço de sinalização associados às entidades por eles referidas. A libras possui o seguinte sistema pronominal para representar as pessoas do discurso:

- primeira pessoa (singular, dual, trial, quatrial e plural): EU; NÓS-2, NÓS-3, NÓS-4, NÓS-GRUPO, NÓS-TOD@;
- segunda pessoa (singular, dual, trial, quatrial e plural): VOCÊ, VOCÊ-2, VOCÊ-3, VOCÊ-4, VOCÊ-GRUPO, VOCÊ-TOD@;
- terceira pessoa (singular, dual, trial, quatrial e plural): EL@, EL@-2, EL@-3, EL@-4, EL@-GRUPO, EL@-TOD@

No singular, a configuração de mão do sinal para todas as pessoas (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>) é a mesma, mão em D ou G, ou melhor, dedo indicador estendido (aparentemente mão aberta (D) ou fechada (G) não faz diferença no entendimento do sinal). Ver configurações de mão de Capovilla et al. (2009) ilustradas nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6.

O que difere entre as pessoas do discurso é a direção onde aponta o dedo. No sinal EU o dedo apontará para o peito do emissor, ou seja, a pessoa que está falando. O sinal para VOCÊ apontará para o receptor, a pessoa com quem se fala. O sinal EL@ apontará para uma pessoa que não está na conversa ou para um lugar convencionado para uma terceira pessoa que está sendo mencionada.

Para as pessoas do plural, chamadas de dual, trial ou quatrial a configuração de mão será, respectivamente, em V (ou 2), W (ou 3) ou 4 (ver configurações de mão de Capovilla et al., 2009 ilustradas nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6). A direção aonde aponta os dedos, assim como no singular, vai depender da pessoa. Para nós, o dedo apontará para o peito do emissor, para vocês, apontará para o receptor e para eles, apontará para um local convencionado no discurso.

Para os pronomes NÓS-TOD@, VOCÊ-TOD@ e EL@-TOD@, existem duas possibilidades:

- sinalizar a pessoa do discurso no singular + sinal GRUPO. Por exemplo, NÓS-TOD@ articula-se com os sinais EU e GRUPO, VOCÊ-TOD@ com VOCÊ e GRUPO e NÓS-TOD@ com NÓS e GRUPO.
- articular com configuração da mão em D (ou G) um círculo. Por exemplo, NÓS-TOD@ articula-se com o indicador estendido, o dedo começa seu movimento tocando o lado esquerdo do peito do sinalizador e se move em arco para o seu lado direito. Nesse movimento, o sinal indica tanto o sinalizador como outros participantes. Para EL@-TOD@, articula-se com o dedo indicador estendido, porém o movimento parte de um ponto do espaço (não mais toca o sinalizador) e aponta um grupo de entidades, que não inclui o sinalizador.

Capítulo 4 - Transcrição de enunciados em língua de sinais

Moreira, baseada nos estudos de Liddell (2003), apresenta os seguintes quadros (Figuras 4.1 e 4.2) de pronomes pessoais da ASL, a língua de sinais americana.

	Formas de primeira pessoa	Descrição	Tradução para o inglês
Singular	PRO-1	Dedo indicador estendido e o punho flexionado; a ponta do dedo indicador está apontada para o peito do sinalizador e o toca.	<i>I</i>
Plural – DUAL	PRO-DUAL-1	Apenas os dedos indicador e médio estendidos e o dedo polegar em contato com o médio; deve-se mover o punho, apontando os dedos ora para o sinalizador ora para seu enunciatário.	<i>The two of us</i>
Plural – MULT	PRO-MULT-1 (3, 4 e 5),	Os sinais são realizados com a mão em 3, em 4 ou em 5. Esses sinais pronominais incorporam o número de pessoas a que se referem. Com uma dessas formas incorporadas, a mão deve fazer um movimento circular próximo ao sinalizador e indicar, assim, outros participantes.	<i>The three/ four/ five of us</i>
Plural – PL	PRO-PL-1	Dedo indicador estendido. O dedo começa seu movimento tocando o lado esquerdo do peito do sinalizador e se move em arco para o seu lado direito. Nesse movimento, o sinal indica tanto o sinalizador como outros participantes.	<i>We</i>

Figura 4.1: Formas de primeira pessoa da ASL (Moreira, 2008)

	Formas de não-primeira pessoa	Descrição	Tradução para o inglês
Singular	PRO	Dedo indicador estendido; os demais dedos fechados; punho esticado, e ponta do dedo indicador apontada para um local, no espaço de sinalização, associado à conceitualização da entidade à qual o pronome se refere.	<i>You/he/she/it</i>
Plural – DUAL	PRO-DUAL	Apenas os dedos indicador e médio estendidos e o dedo polegar em contato com o médio; deve-se mover o punho, apontando os dedos para os participantes que se quer indicar. A palma da mão, nesse movimento, não deve estar voltada para o sinalizador.	<i>The two of you/them</i>
Plural – MULT	PRO-MULT (3, 4 e 5),	Os sinais são realizados com a mão em 3, em 4 ou em 5. O movimento circular da mão é feito com uma certa distância do sinalizador. O sinal se refere a três, quatro ou cinco participantes e não inclui, nesse grupo, quem sinaliza.	<i>The three/ four/ five of you/them</i>
Plural – PL	PRO-PL	Dedo indicador estendido. O dedo se move no espaço e aponta um grupo de entidades que não inclui o sinalizador.	<i>You/them</i>

Figura 4.2: Formas de não-primeira pessoa da ASL (Moreira, 2008)

Analisando situações da libras Moreira (2008) afirma que, discursivamente, há pronomes de primeira, segunda e terceira pessoas, do singular e do plural, na língua de sinais brasileira e propõe um sistema pronominal da libras como ilustra a Figura 4.3.

<b>Pronome</b>	<b>Pessoa discursiva apontada</b>	<b>Forma do sinal</b>
1ª pessoa do singular	<i>Eu</i>	PRO-1
2ª pessoa do singular	<i>Você</i>	PRO
3ª pessoa do singular	<i>Ele/Ela</i>	
1ª pessoa do plural	<i>Nós</i>	PRO-PL-1, PRO-DUAL-1 e PRO-MULT-1-(3 e 4)
2ª pessoa do plural	<i>Vocês</i>	PRO-PL, PRO-DUAL e PRO-MULT(3 e 4)
3ª pessoa do plural	<i>Eles/Elas</i>	

**Figura 4.3: Pronomes pessoais da libras (Moreira, 2008)**

Assim como ocorre no português, na libras a pessoa do discurso pode ser omitida da frase. No entanto, quando se deseja dar ênfase à pessoa do discurso, assim como no português, elas são sinalizadas explicitamente na frase (Felipe, 1997).

Pronomes possessivos, como os pessoais e demonstrativos, não possuem marca para gênero e estão relacionados às pessoas do discurso e não à coisa possuída, como acontece em português:

- ME@ (meu, minha, meus, minhas). Para a primeira pessoa ME@, pode haver duas configurações de mão: mão aberta com os dedos juntos (mão B), bater levemente no peito do emissor; ou configuração da mão em P com o dedo médio batendo no peito (ver configurações de mão de Capovilla et al., 2009 ilustradas nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6). Exemplo de glosa na libras: ME@ SOBRINH@, em português: “minha sobrinha”.

- TE@ (teu, tua, teus). Para a segunda pessoa, a mão tem configuração em P, com movimento em direção ao receptor. Exemplo na libras: TE@ ESPOS@, em português: “seu esposo”.
- DEL@ (dele, dela, delas). Para a terceira pessoa, a mão tem configuração em P, com movimento em direção a um ponto convencionado para terceira pessoa no contexto. Exemplo na libras: DEL@ FILHO@, em português: “filho dela”.

Não há sinal específico para os possessivos no dual, trial, quadrial e plural (grupo). Para estes casos são usados os mesmos pronomes pessoais correspondentes, por exemplo, em libras: NÓS FILH@, em português: “nosso(a) filho(a)”

Os pronomes demonstrativos e os advérbios de lugar estão relacionados às pessoas do discurso e representam, na perspectiva do emissor, o que está bem próximo, perto e distante. Na libras, estes pronomes ou advérbios têm a mesma configuração de mãos dos pronomes pessoais (mão em D ou G), mas os pontos de sinalização e as orientações do olhar são diferentes, como segue:

- EST@ AQUI: apontar para o lugar perto e em frente do emissor e olhar para o lugar apontado, perto da 1ª pessoa.
- ESS@ AÍ: apontar para o lugar perto e em frente do receptor e olhar para o lugar apontado, perto da 2ª pessoa.
- AQUEL@ LÁ: apontar para um lugar mais distante (o lugar da terceira pessoa) e olhar para o lugar distante apontado.

Como os pronomes pessoais, os pronomes demonstrativos também não possuem flexão de gênero (Felipe, 1997). O estudo de Moreira (2008) confirma não existir a distinção formal de gênero no sistema pronominal da língua de sinais brasileira. Não foi encontrado na literatura estudo sobre flexão de número para os pronomes demonstrativos.

Os pronomes relativos (que, quem, quanto, qual), indefinidos (algum, nenhum, qualquer, ninguém) e interrogativos (que, quem, qual, quanto, quando) geralmente possuem um sinal e são acompanhados de expressão facial, e não foi observada flexão nos exemplos analisados (Brito, 1995).

#### 4.3.4 Flexão de numerais

A LIBRAS apresenta diferentes formas de sinalizar os numerais, como segue:

- **cardinais:** assim como na língua portuguesa, cada numeral cardinal possui um sinal. Até o nove são utilizadas configurações de mão diferentes (ver Figura 3.5). O dez é articulado com os sinais de 1 e 0, o quinze, com os sinais de 1 e 5, o vinte, por 2 e 0, assim por diante. Foi observado em vídeos que o número onze é articulado com a mão em 1 e com rotação do antebraço, movendo a mão para a direita e para a esquerda. Não foram encontradas publicações explicando como articular os números que têm dígitos repetidos, como por exemplo 11, 22, 33 ou 100, 110. Porém, observando conversações reais entre surdos foi constatado que a repetição é realizada mantendo-se a mesma configuração de mão para o dígito que se repete, deslocando a mão para a direita. Uma pausa é introduzida para cada dígito que se repete. Por exemplo, para o número 100 articula-se 1, depois move a mão um pouco para a direita, articula-se 0, move-se a mão novamente para a direita e articula-se novamente 0.
- **ordinais:** do primeiro até o nono tem a mesma configuração de mão dos cardinais, e a distinção é feita pelo movimento das mãos. Os numerais ordinais possuem movimento enquanto os cardinais não possuem. Os ordinais do 1<sup>o</sup> ao 4<sup>o</sup> têm movimento para cima e para baixo e os ordinais do 5<sup>o</sup> até o 9<sup>o</sup> têm movimento para os lados. A partir do numeral dez não há mais diferenças (Felipe, 1997).

Para representar valores monetários de 1 até 9, o numeral correspondente ao valor é articulado, incorporando a este o sinal VÍRGULA. Uma alternativa é articular, após o sinal do numeral, os sinais R e S, simbolizando “real”. Para os valores de 1.000 até 9.000 incorpora-se o sinal VÍRGULA ou PONTO.

Analisando a literatura sobre o assunto percebe-se que não há flexão de gênero ou número para os numerais da libras. Não foi encontrada literatura sobre números fracionários e multiplicativos em libras.

#### **4.3.5 Flexão de substantivos**

A flexão de gênero dos substantivos é indicada articulando-se o sinal HOMEM ou MULHER antes do sinal que sofrerá flexão. A flexão de número é representada pela repetição de movimentos e a flexão de grau é comumente articulada com expressões faciais.

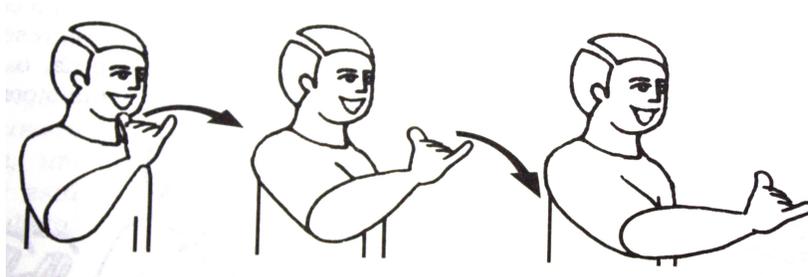
#### **4.3.6 Flexão de verbos**

Na língua portuguesa os verbos podem sofrer flexão de número, pessoa, modo, tempo e voz.

Nas línguas de sinais, a flexão verbal de número pode ser articulada pela repetição de um movimento várias vezes, enfatizando a pluralidade de uma ação (Xavier, 2011). Entretanto é importante observar que é incorreto afirmar que sempre que ocorrer o plural de um verbo serão articulados movimentos repetitivos (Xavier, 2011). Alguns linguistas afirmam que na ASL a incorporação da repetição na sinalização para indicar pluralidade é opcional e dependente do verbo e do contexto (Lu & Huenerfauth, 2011).

Xavier (2011) aborda outro aspecto, referente à pluralidade, que pode alterar a sinalização de um sinal quando inserido num contexto: a alternância no número de mãos. Segundo o autor, sinais

tipicamente articulados com uma mão podem, em determinados contextos, serem articulados com duas mãos, ou vice-versa. Em seu trabalho, Xavier (2011) aponta que um dos fatores que rege a alternância no número de articuladores manuais em alguns sinais é a ocorrência de processos lexicais/gramaticais. Por exemplo, o verbo indicador AVISAR (Figura 4.4), é articulado com uma mão quando seu objeto indireto tiver como referente uma única pessoa e, com duas mãos, quando o objeto indireto desse mesmo sinal se referir a mais pessoas. Este fenômeno também é indicado em Felipe (2002).



**Figura 4.4: Sinal AVISAR da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal AVISAR: Mão em Y, palma para o lado, diante da boca aberta, e ponta do polegar tocando o queixo, se move num arco amplo para frente e para baixo, enquanto a boca se mantém aberta.*

Brito (1995) argumenta que os modos verbais na libras recebem uma classificação diferente da utilizada na língua portuguesa. Para a autora, os verbos da libras podem ser divididos em dois tipos:

- verbos que não possuem marca de concordância. São articulados sempre no infinitivo, como segue:
  - EU TRABALHAR FENEIS “eu trabalho na FENEIS”
  - EL@ TRABALHAR FENEIS “ele/a/eles/elas trabalha/trabalham na FENEIS”
- verbos que possuem marca de concordância, que pode ser de número-pessoa, de gênero ou de localização.

Nos verbos que possuem concordância número-pessoa, a orientação da mão marca as pessoas do discurso. O ponto inicial concorda com o sujeito, e o final, com o objeto.

Felipe (2002) estudou a flexão verbal na libras e constatou que alguns verbos, que são encontrados em dicionários em sua forma no infinitivo, geralmente sofrem variação em sua direção e sentido, de acordo com o contexto da sinalização.

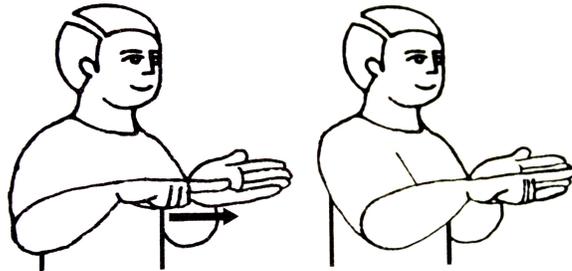
Na linguística, elementos chamados de dêiticos são aqueles que tem por objetivo localizar uma frase no tempo e espaço. Trabalhos (Moreira, 2008; Xavier, 2011) apontam que existem sinais na libras conhecidos por serem verbos indicadores, sinais que têm a propriedade de realizar dêixis.

Segundo Liddell (2003), verbos indicadores são articulados no espaço físico em frente e ao redor do corpo do sinalizador, apontando, dentro desse espaço, para um local que está associado a uma representação mental do seu referente. Estes verbos são referenciados pelos linguistas como *inflecting verbs*, *indicating verbs* ou *agreeing verbs*. O termo *citation form of a verb* se refere a forma do infinitivo do verbo, que consta nos dicionários (Lu & Huenerfauth, 2011). Para Liddell, os sinais dêiticos são formados por duas partes: uma linguística, que é invariável, e outra dêitica, que varia conforme a situação discursiva.

Felipe (2002) argumenta que a direção de sinalização de um verbo pode se alterar de acordo com a flexão número-pessoa. Observe como exemplo o verbo PERGUNTAR (Figura 4.5). Na frase “eu pergunto para você” a direção do movimento é do emissor (1p, primeira pessoa do discurso) para o receptor (2p, segunda pessoa do discurso). Se o mesmo verbo for usado na frase: “você pergunta a mim” a direção é oposta (de 2p para 1p). Para os propósitos deste trabalho, além da direção é importante observar que neste exemplo altera-se ainda o local para onde aponta o dedo. Ou seja, além de alterar a direção do movimento, outros aspectos como rotação do pulso e antebraço também se alteram. Se a frase for “eu pergunto a ele”, a direção do movimento será para um ponto convencionado para a terceira pessoa do discurso. Nos exemplos a seguir a concordância de pessoa é indicada pelas marcações em subscrito:

- <sub>1p</sub>PERGUNTAR<sub>2p</sub> “eu pergunto a você”

- ${}_{2p}$ PERGUNTAR ${}_{1p}$  “você me pergunta”
- ${}_{3p}$ PERGUNTAR ${}_{1p}$  “ela me pergunta”



**Figura 4.5: Sinal PERGUNTAR da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal PERGUNTAR: Mão esquerda horizontal aberta, palma para a direita; mão direita em 1, palma para baixo, indicador apontando para frente, tocando a base do pulso esquerdo. Mover a mão direita para frente.*

Moreira (2008) analisou cento e doze verbos indicadores da libras e constatou que muitos deles possuem, pelo menos, três tipos de apontamento. A autora observou, por exemplo, sinais que inicializam o movimento no corpo do sinalizador e aponta para um ponto x no espaço; sinais que inicializam o movimento em um ponto x no espaço e aponta para um outro ponto y no espaço; e ainda sinais onde o movimento do verbo parte de um ponto x no espaço e aponta para o sinalizador. Moreira (2008) aponta que os dicionários de libras em geral não se preocupam em descrever a altura dos pontos de sinalização inicial e final dos sinais indicadores. Dessa forma, o leitor que desconhece o sinal pode interpretar erroneamente que a altura do movimento é sempre a mesma, em todas as realizações dos verbos. Os dicionários não descrevem o ponto do corpo do sinalizador de onde parte o sinal e tampouco descrevem o ponto do espaço para o qual os verbos indicadores apontam na sua realização.

Segundo Brito (1995) alguns verbos da libras também possuem o que a autora denomina de concordância de gênero. Para realizar este tipo de concordância são usados classificadores.

Um classificador é uma forma que existe em número restrito em uma língua e estabelece um tipo de concordância. Na libras, os classificadores são configurações de mãos que,

relacionadas à coisa, pessoa ou animal, funcionam como marcadores de concordância (Felipe, 2002).

Os classificadores na libras podem vir junto de verbos de movimento e de localização para classificar o sujeito ou o objeto que está ligado à ação do verbo.

Muitos classificadores são icônicos em seu significado pela semelhança entre sua forma ou tamanho e a do objeto a ser referido. As vezes o classificador se refere ao objeto ou ser como um todo, outras vezes refere-se apenas a uma parte ou característica do ser (Brito, 1995). Por exemplo, a mão em A ou S (fechada) pode ser utilizada para representar, durante a narrativa, um buquê de flores, a mão em B, para representar uma superfície plana, a mão em C, para copos e vasos, assim por diante (ver configurações de mão de Capovilla et al., 2009 ilustradas nas Figuras 3.4, 3.5 e 3.6).

Dessa forma Brito (1995) argumenta que através de classificadores os verbos da libras sofrem concordância de gênero, incorporando ao verbo o objeto que vai realizar a ação. Esta concordância de gênero é classificada como pessoa, animal ou coisa. Por exemplo, o sinal ANDAR pode ter sua configuração de mão ou outra característica alteradas, se quem for andar é uma pessoa, um animal ou um carro, como segue:

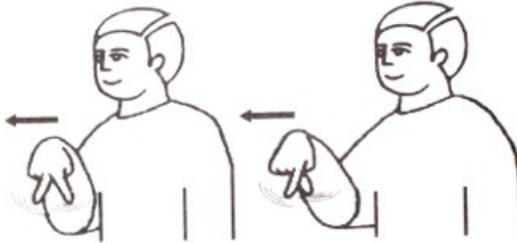
pessoaANDAR (sinal ANDAR como no dicionário, configuração da mão em V);

animalANDAR (sinal ANDAR, mas com configuração de mão em 5 e movimento ondulado);

veículoANDAR (sinal ANDAR, mas com configuração de mão em B ou em 5, movimento reto)

Capovilla et al. (2009) ilustra o verbo andar para pessoa (Figura 4.6), animal (Figura 4.7) e carro (Figura 4.8). Porém, diferentemente de Brito (1995), Capovilla aponta outras diferenças no sinal andar, além da configuração de mão. Para andar animal Capovilla descreve o sinal com configuração de mão em 5 e movimento para a frente e em zigue-zague, porém os dedos não se movem. Para andar

de carro o sinal tem configuração de mão em 5, e sem movimento de dedos, apenas movendo-se a mão para frente.



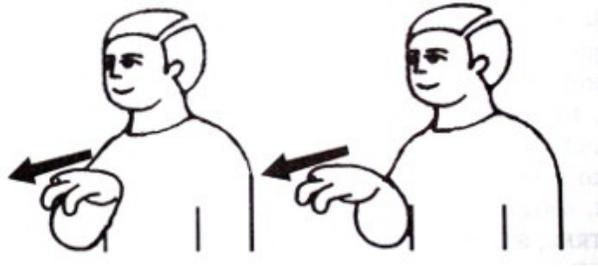
**Figura 4.6: Sinal ANDAR (pessoa) da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal ANDAR (pessoa): Mão em 2, dedos para baixo, se move para frente enquanto os dedos indicador e médio balançam para frente e para trás como se representasse o movimento das pernas ao caminhar.*



**Figura 4.7: Sinal ANDAR (animal) da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal ANDAR (animal): Mão em 5, palma para baixo. Mover a mão para frente, em zigue-zague.*



**Figura 4.8: Sinal ANDAR (carro) da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal ANDAR (carro): Mão em 5, palma para baixo. Mover a mão para frente.*

Analisando os exemplos percebe-se a iconicidade dos sinais da libras. Pode-se concluir também que para uma mesma palavra do português (no caso andar) pode existir mais de um sinal da libras.

Na libras, bem como em outras línguas como o inglês, existem verbos denominais ou substantivos verbais, que são invariáveis e somente no contexto pode-se perceber se estão sendo utilizados com a função de verbos ou substantivos. Podemos citar como exemplos os sinais BICICLETA e ANDAR-DE-BICICLETA, CADEIRA e SENTAR; FERRO e PASSAR-COM-FERRO, TESOURA e CORTAR-COM-TESOURA (Brito, 1995).

Ainda segundo Brito (1995) os verbos também sofrem concordância quanto à localização. São verbos que começam ou terminam em um determinado lugar que se refere ao lugar de uma pessoa, animal ou coisa ao qual se refere o verbo. Por exemplo, para dizer “Ana coloca o copo na mesa” em libras, articula-se: A-N-A COPO MESA COLOCAR k, onde k é o local onde a sinalização do sinal COLOCAR vai terminar seu movimento, que representa o local onde está a mesa e pode variar segundo o contexto.

Estes tipos de concordância listados por Brito (1995), número-pessoal, classe e localização, podem coexistir em um mesmo verbo.

Dessa forma, Brito (1995) relaciona as concordâncias verbais na libras com os parâmetros que se alteram no sinal em sua forma padrão, de citação, como mostra a Tabela 4.3.

concordância número-pessoal	Altera direção do movimento da mão (orientação da palma, rotação de pulso, ponto de localização inicial e final do movimento)
concordância de classe	Altera configuração de mão
concordância de localização	Altera ponto de sinalização

**Tabela 4.3: Concordância verbal na libras segundo Brito (1995)**

A flexão verbal de modo da língua portuguesa pode ocorrer no indicativo, subjuntivo e imperativo, além das formas nominais: infinitivo, gerúndio e particípio. Não foi encontrada literatura referente a flexão verbal de modo na libras, se ela ocorre, como ocorre e tampouco se é possível fazer um paralelo entre o português e a libras com relação a esta flexão. O mesmo acontece para flexão de voz, ativa e passiva. Por observações de conversações entre surdos, foi observado que no caso de gerúndio, quando representa uma ação que se estende no tempo desde um ponto no passado até o presente momento, pode ocorrer sinalização mais lenta do movimento ou repetição do sinal. Porém não é possível afirmar que isso ocorre com frequência na libras e tampouco que é válido para outras línguas de sinais. Dessa forma, para os propósitos deste trabalho, assumiu-se que os sinais que representam verbos não sofrem flexão de modo na libras, e futuras correções poderão ser feitas na transcrição caso estudos linguísticos apontem o contrário.

Par representar flexão verbal de tempo na libras são utilizados advérbios de tempo para presente, passado e futuro, como segue (Felipe, 1997):

- sinais HOJE, AGORA, para ações ocorrendo no presente
- sinais JÁ, ONTEM, ANTEONTEM, para ações passadas
- sinais AMANHÃ, FUTURO para ações futuras.

Os advérbios de tempo comumente são articulados no começo da frase (Strobel & Fernandes, 1998), como mostra os exemplos da Tabela 4.4.

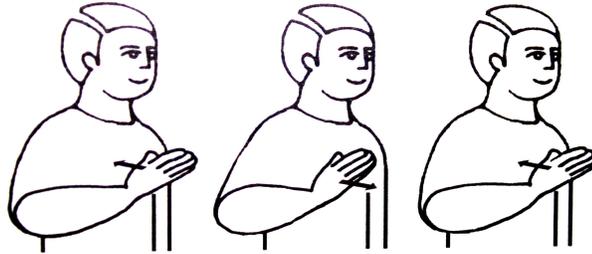
Libras	Português
HOJE EU-IR CASA MULHER^BENÇÃO ME@	Hoje vou à casa da minha mãe
AGORA EU EMBORA	Eu vou embora agora.
DEL@ HOMEM^IRMÃ@ VENDER CARRO JÁ	O irmão dela vendeu o carro.
ONTEM EU-IR CASA ME@ MULHER^BENÇÃO	Ontem, eu fui à casa da minha mãe.
TERÇA-FEIRA PASSADO EU-IR RESTAURANTE COMER^NOITE	Na terça-feira passada eu jantei no restaurante.
EU ESTUDAR AMANHÃ	Amanhã irei estudar
PRÓXIMA QUINTA-FEIRA EU ESTUDAR	Estudarei na quinta-feira que vem
DEPOIS EU ESTUDAR	Depois irei estudar
FUTURO EU ESTUDAR FACULDADE MATEMÁTICA	Um dia farei faculdade de matemática.

**Tabela 4.4: Exemplos da utilização de advérbios de tempo na libras**

## 4.4 Expressividade

Além da concordância gramatical, que levam à flexão na libras, os sinais podem alterar sua sinalização original na formação de sentenças para conter traços de expressividade. Ênfase ou intensidade são expressas por exemplo por marcações não manuais e tensão e velocidade do movimento.

Outra forma de expressividade apontada por Xavier (2011) é a alternância do número de mãos. Um exemplo de alternância devido à expressividade foi observado com o sinal MEU (Figura 4.9) da libras. Embora esse sinal seja normalmente articulado apenas com uma mão, é possível que na expressão equivalente a “problema meu” do português ele seja realizado com duas mãos.



**Figura 4.9: Sinal MEU da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal MEU: Mão aberta, palma para trás, bater a mão no peito duas vezes.*

## 4.5 Segmentação

Leite (2008) estudou a segmentação da libras. Um dos recursos utilizados na libras para demarcar a segmentação é a prosódia, que aparece nas línguas de sinais como expressões faciais, pausas e alteração na velocidade de sinalização. O autor demonstra como estes fatores podem variar na reprodução de um sinal contextualizado.

A pausa ocorre nas línguas orais com a ausência de vocalização. Nas línguas de sinais, a pausa algumas vezes é sinalizada com o retorno das mãos para o local de repouso, ou mesmo com a retração parcial da mão. Sem esta pausa, a sinalização poderia ser comparada a um texto escrito sem acentos e pontuação. Ou seja, apesar de compreensível, um texto escrito dessa forma é deselegante e de difícil leitura. Pausas também podem ser sinalizadas com alteração na velocidade de articulação, por exemplo com o alongamento do sinal, com alterações na tensão do movimento e também com o olhar.

Dessa forma, o retorno das mãos para o local de repouso é a condição mais óbvia, porém não é a única maneira de se expressar pausa em língua de sinais. O articulador pode, por exemplo, suspender um sinal no ar por um período relativamente prolongado de tempo (Leite, 2008). Liddell (1978) aponta que sinais que aparecem no final de frases apresentam duração significativamente maior do que os mesmos sinais em posição inicial ou medial na frase.

Segundo Leite (2008), uma terceira situação de prosódia acontece nas frases interrogativas, que nas línguas de sinais são geralmente marcadas por expressões faciais específicas.

O trabalho de Wilbur (1994) concentra-se no sistema ocular e mostra que as piscadas estão relacionadas a três funções básicas: piscadas de reflexo, piscadas involuntárias periódicas (para lubrificação dos olhos) e piscadas voluntárias que, segundo a autora, acabam submetidos à organização das línguas de sinais, delimitando constituintes gramaticais. O trabalho de Leite (2008) reforça essa proposta e faz uma analogia entre a necessidade de piscadas nas línguas de sinais e a necessidade de inspiração de ar nas línguas orais, responsável pela ocorrência de pausas nas fronteiras entre unidades gramaticais.

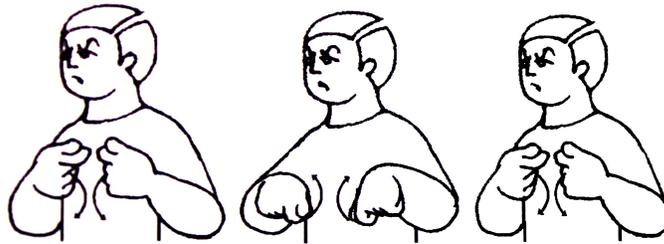
#### **4.6 Coarticulação**

Segundo Xavier (2011), outra razão pela qual certos sinais apresentam variação no número de articuladores manuais se deve à ocorrência de processos coarticulatórios. Nesses casos, a alternância no número de mãos não se dá somente por meio da realização com duas mãos de sinais normalmente articulados com uma, mas também através da sinalização, com uma mão, de sinais geralmente feitos com duas. A ocorrência desse processo pode ser observada na realização da sequência dos sinais PRECISAR NÃO, empregada para dizer em libras “não é preciso”. O sinal NÃO (Figura 4.10) é comumente articulado com uma mão. Mas no exemplo observado por Xavier (2011), quando precede o sinal PRECISAR (Figura 4.11), normalmente realizado com duas mãos, o sinal NÃO pode ser articulado com duas mãos. De forma análoga, é possível que o sinal PRECISAR sofra influência do sinal seguinte, NÃO, e passe a ser realizado com apenas uma mão. Ou seja, a influência da coarticulação pode ocorrer para um sinal em relação a um outro sinal que o precede ou sucede.



**Figura 4.10: Sinal NÃO da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal NÃO: Mão em 1, palma para frente. Balaçar a mão e a cabeça para a esquerda e para a direita, com expressão negativa.*



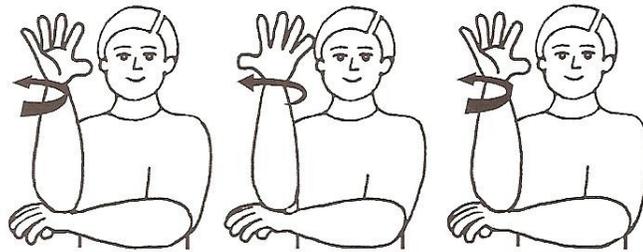
**Figura 4.11: Sinal PRECISAR da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal PRECISAR: Mãos em A horizontal, indicadores destacados, palmas para trás, lado a lado. Balaçar as mãos para baixo e para cima, duas vezes, com a testa franzida.*

A coarticulação nas línguas de sinais é discutida em outros trabalhos. Lu & Huenerfauth (2011) afirma que a coarticulação ocorre em uma sinalização natural quando a localização ou configuração de mão de um sinal é alterada em relação a localização ou configuração do sinal seguinte. Os autores afirmam que este processo pode ocorrer com outros aspectos do sinal, como expressões faciais.

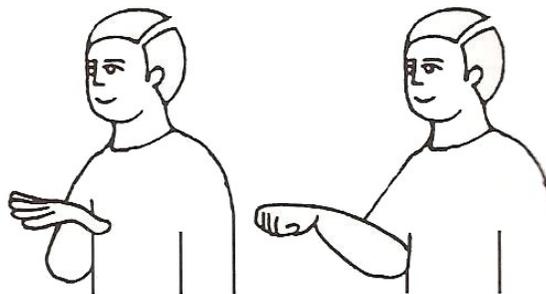
Em McCleary & Viotti (2007) processos coarticulatórios também são identificados. Durante a sinalização pode acontecer, por exemplo, a omissão de parte de um sinal com a sobreposição do sinal seguinte. Pode acontecer do movimento do sinal A começar antes que o movimento do sinal B termine, ocorrendo a sobreposição destes sinais. Não existe portanto garantia de que sempre os sinais serão reproduzidos em sua totalidade nas sentenças da libras.

O sinal ARVORE (Figura 4.12) da libras é articulado com o braço direito na vertical, com a palma da mão aberta e os dedos afastados. O braço esquerdo serve como base, apoiando o cotovelo direito na mão esquerda. O sinal PEGAR (Figura 4.13) começa com a mão aberta, dedos separados, e termina com a mão fechada.



**Figura 4.12: sinal ARVORE da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal ARVORE: Braço esquerdo horizontal dobrado em frente ao corpo, mão aberta, palma para baixo, dedos separados e curvados; cotovelo direito apoiado no dorso da mão esquerda, mão direita aberta, palma para frente, dedos separados. Girar a palma para trás, duas vezes.*

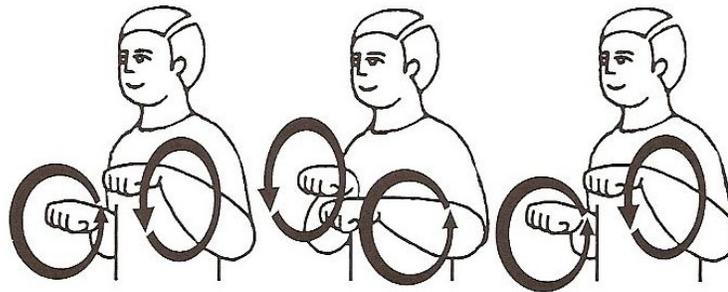


**Figura 4.13: Sinal PEGAR da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal PEGAR: Mão aberta, palma para baixo. Movê-la para frente, fechando-a.*

Dessa forma, para articular a frase com o sentido: “O menino pegou uma fruta na árvore”, o braço esquerdo, passivo no sinal ARVORE pode ser usado para articular o gesto pegar, direcionado para a mão direita, que está simbolizando a copa da árvore, onde está a fruta. Neste caso houve uma coarticulação de apenas dois sinais, ARVORE e PEGAR, para formar uma frase inteira.

Ainda segundo McCleary & Viotti (2007), a coarticulação pode ser percebida em situações onde se deseja articular simultaneidade de ações, ou seja, duas ou mais coisas que acontecem ao mesmo tempo. Por exemplo, o sinal BICICLETA da libras (Figura 4.13) é articulado com as duas mãos fechadas, como se segurassem o guidão da bicicleta. O sinal é articulado com o movimento circular dos braços, analogamente ao movimento dos pedais.



**Figura 4.14: Sinal BICICLETA da libras (Capovilla et al., 2009)**

*Sinal BICICLETA: Mão em S, palmas para baixo. Movê-las alternadamente em círculos verticais para frente, sentido horário.*

Num experimento realizado pelos autores, para articular a frase com o sentido “Enquanto o homem andava de bicicleta, uma mulher veio na direção oposta”, o sinalizador articulou os sinais: HOMEM BICICLETA MULHER VIR. Ao sinalizar bicicleta, com duas mãos, o narrador suspende uma das mãos no ar, parada, e com a outra mão articula MULHER VIR. Depois o narrador volta a sinalizar BICICLETA. Segundo McCleary & Viotti (2007), a manutenção da mão esquerda do sinalizador como parte do sinal BICICLETA é fundamental para o estabelecimento da temporalidade dos eventos. A sinalização dos sinais separadamente, em ordem sequencial, não alcançaria o mesmo sentido da frase, parecendo menos natural para um conhecedor da língua de sinais.

## **4.7 Arquitetura do sistema de transcrição de enunciados**

Apesar da importância de se considerar a gramática correta da libras, como flexão de palavras, segmentação, expressividade e coarticulação, a maioria das transcrições de línguas de sinais

encontradas na literatura não abrangem estas características (Lu & Huenerfauth, 2011). Fica claro que, devido à complexidade das línguas sinalizadas, torna-se uma tarefa inviável, senão impossível, criar um dicionário com todas as posições possíveis que a mão pode assumir, em todos os contextos imagináveis. Dessa forma, fica clara a necessidade de um sistema de transcrição que seja capaz de parametrizar os sinais para sintetizar a animação de frases em língua de sinais.

Além do sistema de transcrição dos sinais apresentado no Capítulo 3, este trabalho propõe um passo em direção a um sistema de transcrição de enunciados em língua de sinais. A proposta desta extensão é uma estrutura hierárquica separada para descrever como os sinais, que se encontram em sua forma de citação (no dicionário), se apresentam dentro de um contexto. Este sistema de transcrição de enunciados possibilita a parametrização de sinais para contemplar as características da gramática das línguas sinalizadas citadas nas seções anteriores, como flexão, coarticulação, segmentação e expressividade.

Não foi encontrado na literatura estudo que estabeleça um paralelo entre flexão de palavras de todas as classes gramaticais variáveis do português e flexão de sinais da libras. Porém, pelos estudos analisados é possível perceber que algumas classes gramaticais do português estão presentes na libras, sendo que algumas dessas classes se flexionam como no português, de maneira que é possível fazer mapeamentos, como demonstrou o trabalho de Moreira (2008) com os pronomes pessoais.

Embora esta análise seja de natureza linguística e foge do escopo deste trabalho, as Figuras 4.15 e 4.16 apresentam um quadro com o resumo do que foi discutido no capítulo. Os quadros sintetizam os resultados dos estudos linguísticos mencionados durante este capítulo. O intuito destas figuras é poder entender melhor como ocorre a parametrização de sinais na libras para poder corretamente representá-las no sistema de transcrição e conseqüentemente gerar uma animação virtual consistente com uma sinalização real entre os surdos. Os elementos marcados com \*\* são os que sofrem flexão no sistema de transcrição proposto.

Capítulo 4 - Transcrição de enunciados em língua de sinais

		genero		número		grau	
		pt	libras	pt	libras	pt	libras
Artigos		há	não há sinal	há	não há sinal	não há	não há sinal
Adjetivos		há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	descritos com sinais distintos: acrescenta expressão facial
p r o n o m e s	pessoais	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	descritos com sinais distintos: diferentes config.mão, localização, movimento	não há	não foi encontrada literatura
	possessivos	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	mesmo sinal usado nos pronomes pessoais	não há	não foi encontrada literatura
	demonstrativos	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	relativos	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	não há	não foi encontrada literatura
	indefinidos	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	não há	não foi encontrada literatura
	interrogativos	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	não há	não foi encontrada literatura
n u m e r a i s	cardinal	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	não há	não foi encontrada literatura
	ordinal	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	há	não flexiona: mesmo sinal do dicionário	não há	não foi encontrada literatura
	fracionario	há	não foi encontrada literatura	há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	multiplicativo	há	não foi encontrada literatura	há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
substantivos		há	distintos: adiciona HOMEM/MULHER	há	descritos com sinais distintos: altera repetição	há	descritos com sinais distintos: acrescenta expressão facial
verbos		não há	não foi encontrada literatura	há	**flexiona com repetição/num mãos	não há	não foi encontrada literatura

Figura 4.15: Flexões no sistema proposto (parte 1).

		pessoa		modo		tempo		voz	
		pt	libras	pt	libras	pt	libras	pt	libras
	Artigos	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	Adjetivos	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
p r o n o m e s	possíveis		**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	possessivos	há	**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	demonstrativos	há	**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	relativos	há	**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	indefinidos	há	**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	interrogativos	há	**flexiona alterando direcionalidade	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
n u m e r a i s	cardinal	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	ordinal	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	fracionário	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	multiplicativo	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	substantivos	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura	não há	não foi encontrada literatura
	verbos	há	**flexiona alterando direcionalidade	há	Não flexiona: acrescenta advérbio	há	Não flexiona: acrescenta advérbio	há	Não flexiona: acrescenta advérbio

Figura 4.16: Flexões no sistema proposto (parte 2)

As Figuras 4.15 e 4.16 resumem a discussão da Seção 4.3 sobre flexão de palavras na libras. Nas duas primeiras colunas da direita foram listadas as classes gramaticais variáveis do português. As demais colunas representam a natureza das flexões. Da maneira como está apresentada, alguma dessas flexões não existem no português. Por exemplo, não faz sentido falar de flexão de grau para artigos. Artigos não existem na libras, portanto a flexão também não se aplica para artigos.

Algumas classes gramaticais sofrem flexão no português, mas não na libras. Por exemplo os adjetivos, que embora tenham flexão de gênero, número e grau na língua portuguesa, são articulados de forma neutra na libras e não se flexionam quanto a gênero e número.

Alguns sinais, embora sob uma perspectiva linguística sofram flexão na libras, para os propósitos deste trabalho, são descritos como sinais diferentes e não são flexionados dentro da transcrição de enunciados. É o caso de flexão de grau de substantivos, como *bonitinho* e *bonitão*. Como são representados por glosas diferentes, são transcritos no sistema proposto com descrições diferentes. Dessa forma não necessitam de parametrização dentro de diferentes contextos. Alguns sinais, por sua vez, necessitam de parametrização. No entanto para algumas classes gramaticais não foi possível encontrar um estudo suficientemente detalhado na literatura linguística.

Como foi discutido, a flexão de gênero pode ser indicada com a sinalização dos sinais *HOMEM* ou *MULHER* antes do substantivo que se deseja flexionar. Dessa maneira, é possível por exemplo, descrever um sinal para *ATRIZ* como um composto de *MULHER ATOR*. O Capítulo 3 discute a descrição de sinais compostos no sistema de transcrição proposto.

A flexão de número para os pronomes pessoais possuem na prática sinais diferentes e não flexão de um mesmo sinal de acordo com o contexto. São articulados sinais diferentes para “eu”, “tu”, “ele”, “nós”, “vós” e “eles”, além dos pronomes *VOCÊS-2*, *VOCÊS-3*, etc, existentes na libras e que não possuem correspondentes diretos na língua portuguesa. Os parâmetros de configuração de mão, localização, orientação e movimento espacial, por exemplo, são diferentes na sinalização dos diferentes pronomes da libras. Dessa forma, é possível descrever, com o sistema proposto no Capítulo 3, sinais diferentes para *EU*, *NÓS-2*, *EL@-3*, e para os demais pronomes, e depois utilizar estes sinais nas frases. O mesmo vale para os pronomes possessivos.

No caso dos substantivos, ocorre a repetição do movimento para o plural. Dessa forma entende-se que é possível descrever sinais diferentes para singular e plural, não necessitando de parametrização por contexto para flexão de número dos substantivos.

Para os verbos não é possível fazer esta generalização, uma vez que Xavier (2011) e Lu & Huenerfauth (2011) deixam claro que a repetição de movimentos na flexão verbal de número é opcional e dependente do verbo e do contexto. Xavier (2011) ainda aponta a alternância no número de mãos como possível parametrização. Dessa forma, o sistema de transcrição proposto para sinalizar

conteúdo deve prever esta parametrização dependente de contexto e possibilitar maneiras para esta descrição pelo usuário do sistema.

A flexão de grau, pelos trabalhos estudados, ocorre com a adição de expressões faciais ao sinal. Dessa forma, entende-se que é possível criar, com o sistema do Capítulo 3, sinais diferentes para os adjetivos “bonito” e “bonitão”, bem como para os substantivos “menina” e “menininha”.

Quanto à flexão de pessoa do discurso, é possível observar que a direcionalidade é o fator principal de mudança na sinalização do sinal. Dessa forma, optou-se por permitir ao usuário que parametrize os pronomes e verbos direcionais, alterando seus pontos de localização no espaço.

Para flexão de modo e de voz não foi encontrado material suficientemente detalhado na literatura, de modo que se acredita que para estes casos os verbos são articulados na forma de citação. Dessa forma, não foi identificado nenhum parâmetro que se alterasse com este tipo de flexão. Finalmente, a flexão de tempo, como mencionado, ocorre com o uso de advérbios de tempo, sendo que os verbos na prática são articulados no infinitivo. Dessa forma, novamente nenhuma flexão é realizada.

É importante ressaltar que as Figuras 4.15 e 4.16 contêm algumas recomendações de transcrição no sistema proposto, porém, como será discutido adiante, o sistema de transcrição possibilita parametrizar os sinais dentro do contexto, independente de sua classe gramatical. Em outras palavras é possível a parametrização de um sinal mesmo que seja um substantivo ou adjetivo. Uma vez que o sistema de transcrição não tem pretensão de fazer uma análise linguística do sinais, apenas descrevê-los quanto às suas características relevantes para gerar a animação do avatar, a análise acima foi feita apenas com o objetivo de identificar quais parâmetros eram desejados no sistema de transcrição proposto.

Além de flexão de palavras, a expressividade, segmentação e coarticulação também foram analisadas. Como mencionado, a expressividade pode alterar a sinalização padrão de um sinal com expressões não manuais e alternância no número de mãos. A segmentação inclui pausa e piscadas voluntárias. E processos coarticulatórios também alteram o número de mãos da sinalização.

Com base nas considerações acima, este trabalho propõe o seguinte sistema de transcrição de enunciados em língua de sinais para fins computacionais, ilustrado na Figura 4.17. A gramática formal que descreve a transcrição de enunciados consta no Apêndice I.

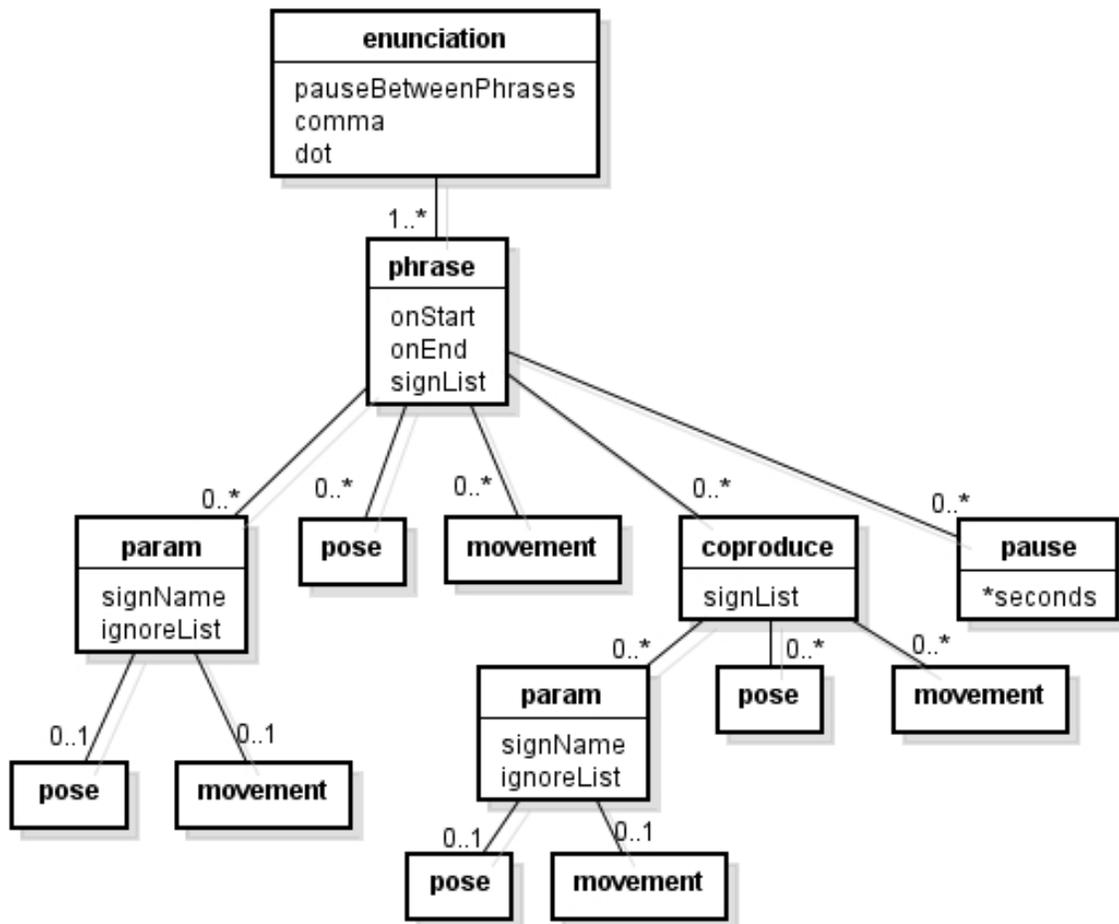


Figura 4.17: Sistema de transcrição de enunciados

A estrutura da Figura 4.17 busca oferecer ao usuário a descrição de um enunciado em língua de sinais, incorporando as parametrizações discutidas.

A transcrição de um enunciado se inicia pelo elemento *enunciation*, que pode ter um ou vários elementos filhos *phrase*. Cada *phrase* descreve o equivalente a um constituinte de frase das línguas orais. O elemento *phrase* permite a segmentação do enunciado em constituintes e possibilita a inserção de elementos (pausa, piscada, alongamento, retorno parcial e retorno à posição de repouso) entre duas constituintes durante a sinalização, visando uma reprodução mais natural dos sinais, tornando-a mais próxima a sinalização realizada por um intérprete real.

Não foi encontrado na literatura estudo que estipulasse um tempo de pausa fixo e universal entre cada sentença das línguas de sinais. Dessa forma, estabelecer arbitrariamente um tempo de pausa ou alongamento final entre constituintes impediria o usuário de ajustar se, e por quanto tempo, sinalizar a pausa. Dessa maneira, foi criado o atributo *onStart* e *onEnd* que, para cada elemento *phrase*, permite inserir pausa em segundos, piscada, alongamento, retorno parcial e retorno à posição de repouso, no início ou final da sinalização da referida constituinte. A pausa entre constituintes também pode ser inserida para o enunciado todo com o atributo *pauseBetweenPhrases* do elemento *enunciation*. O elemento *enunciation* tem também os atributos *comma* e *dot* que podem conter os valores *blink*, *extension*, *partialRetraction*, *retraction*, ou um número correspondente a pausa, em segundos, e indicam o que será sinalizado quando o enunciado encontrar uma vírgula ou ponto, respectivamente.

O atributo *signList* contém a lista de sinais da constituinte. Se o usuário não precisa parametrizar os sinais e deseja articulá-los da maneira como estão no dicionário, os nomes dos sinais a serem articulados devem ser preenchidos no atributo *signList*.

O elemento *phrase* tem os seguintes elementos filhos: *param*, *pose*, *movement*, *coproduce* e *pause*.

Dessa forma, a sentença em libras MENINA ESTUDAR HOJE é transcrita no sistema como:

- 10.       enunciation
- 11.       phrase
- 12.       signList MENINA ESTUDAR HOJE

Repare que os sinais da transcrição acima serão articulados sequencialmente e da forma que se encontram no dicionário.

Para permitir a parametrização de um sinal foi criado o elemento *param*. O elemento *param* tem os atributos *signName* e *ignoreList*, que indicam, respectivamente, o nome do sinal a ser parametrizado e o elemento ou atributo descritivo deste sinal que deve ser ignorado ou substituído na

sinalização. Por exemplo, para sinalizar a constituinte em libras PROBLEMA MEU é utilizada a seguinte transcrição:

1. enunciation
2. phrase
3. signList PROBLEMA
4. param signName MEU pose nondominantHand symmetry TRUE

Dessa forma, o sinal MEU será articulado como no dicionário, porém parametrizado para que a mão esquerda articule de maneira simétrica à mão direita. Os elementos *pose* e *movement*, filhos do elemento *param*, são idênticos aos elementos de mesmo nome descritos no Capítulo 3 e possuem os mesmos atributos e características. Dessa forma é possível sobrepor qualquer característica do sinal descrita em sua forma padrão por uma outra característica que se deseja atribuir ao sinal em um determinado contexto. É possível portanto alterar configuração de mão, pontos de localização, rotação de pulso, repetição e velocidade de movimento, enfim, todas as informações descritas detalhadamente no Capítulo 3.

Foram inseridos como elementos filhos de *phrase* os elementos *pose* e *movement*, para permitir ao usuário descrever, para um contexto, uma posição ou movimento que não esteja vinculada a nenhum sinal específico, por exemplo apontar para um determinado local, realizar uma expressão não manual, etc.

O elemento *coproduce* permite a coprodução de sinais, sinalização simultânea de mais de um sinal, pose ou movimento, com a opção de omissão de parte de um sinal e sobreposição de outro. O elemento *coproduce* tem o atributo *signList*, que contém o nome dos sinais que serão coproduzidos com alguma outra pose, movimento ou parametrização.

O elemento *coproduce* possui os seguintes elementos filhos:

- *param*: sinais, que serão parametrizados.

- *pose*: descreve uma pose para ser coarticulada com os sinais ou movimentos. Contém todos os elementos e atributos do elemento *pose* que descreve um sinal (Figura 3.2).
- *movement*: descreve um movimento a ser coarticulado com outro movimento, pose ou sinal. Contém todos os elementos e atributos do elemento *movement* que descreve um sinal (Figura 3.2).

Considere a seguinte constituinte da libras: SIM MAMÃE TUDO BEM. Estes sinais encontram-se em sua forma de dicionário com expressão facial neutra. No entanto, para articular todos estes sinais com uma expressão facial positiva, por exemplo, de concordância, é desejável que todos estes sinais sejam parametrizados para que sejam coproduzidos em conjunto com a referida expressão facial. Neste caso, a transcrição da constituinte no sistema proposto é a seguinte:

1. enunciation
2. phrase
3. coproduce signList SIM MAMÃE TUDO BEM
4. pose face preDefined *agreement*

Outro exemplo é descrito a seguir. A transcrição articula os sinais BICICLETA e depois suspende a mão esquerda no ar e articula os sinais VER MOÇA BONITA para, por exemplo, expressar simultaneidade, ou seja, que enquanto o sinalizador estava andando de bicicleta, viu uma moça bonita:

1. enunciation
2. phrase
3. signList BICICLETA
4. coproduce signList VER MOÇA BONITA
5. param signName BICICLETA ignoreList dominantHand movement

A linha 3 articula o sinal BICICLETA. A linha 4 co-articula os sinais VER, MOÇA e BONITA com o sinal bicicleta, porém ignora a mão direita e o movimento do sinal bicicleta. Em outras palavras, apenas o que será articulado de bicicleta será posicionar a mão esquerda no ponto de sinalização do sinal, e suspendê-lo lá até que os sinais VER, MOÇA e BONITA sejam articulados, em sequência.

O quinto elemento filho de *phrase, pause*, permite inserir pausa, em segundos, durante a sinalização. Este recurso é uma tentativa de acrescentar um nível de segmentação e prosódia na sinalização do sinalizador virtual.

## 4.8 Considerações finais

Este capítulo apresentou uma extensão ao sistema de transcrição proposto no Capítulo 3 propondo desta forma um sistema de transcrição para enunciados em língua de sinais.

Os sistemas de transcrição de língua de sinais encontrados na literatura não consideram flexão de palavras, segmentação, expressividade e coarticulação, entre outros fatores que alteram a sinalização padrão do sinal e são inerentes à gramática das línguas de sinalizadas.

O sistema de transcrição aqui proposto tem o objetivo de oferecer uma ferramenta de descrição não apenas de sinais isolados mas também de enunciados em línguas de sinais, incorporando características de sua gramática.

Com a descrição de um maior número de informações relevantes é possível oferecer uma ferramenta para a síntese de enunciados em língua de sinais, que gere uma animação computacional cada vez menos robótica e mais próxima à sinalização real dos surdos.

É importante deixar claro que o trabalho não tem como objetivo fazer um levantamento de características gramaticais da libras para fins linguísticos, utilizando-se apenas dos trabalhos de estudiosos da área para poder compor um sistema de transcrição para fins computacionais. Dessa maneira, acredita-se que conforme novos trabalhos da área de linguística forem publicados, o sistema aqui proposto deverá se adaptar às novas considerações levantadas, uma vez que ainda se

conhece pouco sobre a estrutura gramatical das línguas sinalizadas, principalmente se comparado ao conhecimento que se possui das línguas orais.

# Capítulo 5

## Implementação do sistema de transcrição

### 5.1 Introdução

Como prova de conceito do sistema de transcrição proposto foi implementado um programa de computador que lê arquivos transcritos neste sistema e gera animação em libras por meio de um avatar, figura virtual tridimensional articulada que representa um intérprete humano. O objetivo desta prova de conceito é demonstrar a viabilidade do sistema de transcrição proposto para a produção de conteúdo sinalizado por avatares 3D.

Nas seções seguintes serão descritos os detalhes de implementação do programa. Na seção 5.2 é ilustrado o funcionamento geral do programa. Na seção 5.3 é descrita a entrada do programa. A seção 5.4 descreve o modelo virtual. A seção 5.5 trata da implementação dos pontos de localização. As seções 5.6 e 5,7 descrevem, respectivamente, o sistema de transcrição de sinais e de configuração de mão. A seção 5.8 descreve o processamento do sistema e a seção 5.9, a interface de animação gerada pelo programa. Na seção 5.10 são feitas as considerações finais.

### 5.2 Funcionamento geral do programa

De forma resumida, o programa implementado pode ser entendido como um processador que recebe uma entrada, neste caso palavras em português, e gera a sinalização de cada palavra em língua de sinais, para isso movimentando um personagem humanóide virtual articulando o conteúdo em libras.

A arquitetura do programa é ilustrada na Figura 5.1.

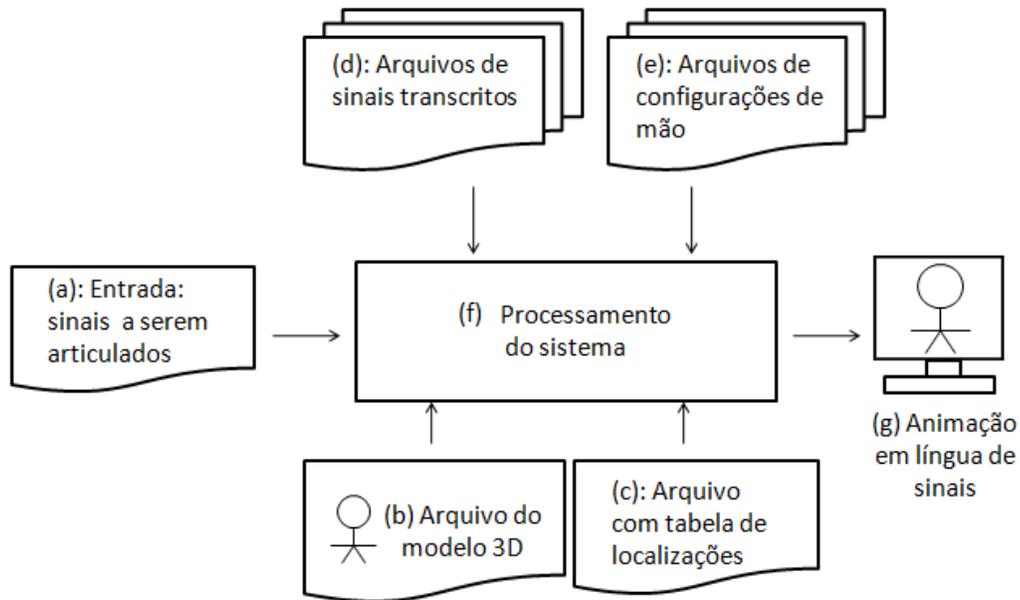


Figura 5.1: Arquitetura do programa

O sistema recebe os sinais de entrada (Figura 5.1 a), o modelo tridimensional (Figura 5.1 b) e os pontos de localização das mãos (Figura 5.1 c). De acordo com os sinais de entrada, o sistema recupera as transcrições correspondentes, ou seja, os arquivos de descrição (Figura 5.1 d) necessários para a sinalização de cada sinal. De acordo com a descrição do sinal, as transcrições de configuração de mão são recuperadas (Figura 5.1 e), ou seja, os arquivos de descrição contendo as rotações necessárias nas juntas dos dedos para a realização de cada sinal. Finalmente, o sistema (Figura 5.1 f) gera a animação (Figura 5.1 g) rotacionando as juntas do modelo carregado e assim animando o personagem virtual.

A seguir serão descritos em detalhes cada um dos elementos da Figura 5.1.

### 5.3 Entrada do programa

O texto de entrada pode ser digitado pelo usuário, recebido remotamente, pela internet por exemplo, ou ainda ser uma entrada de voz convertida em texto.

O programa implementado disponibiliza ao usuário duas opções: uma caixa de entrada para que seja digitada a glosa dos sinais, e um menu com opção de importar conteúdo armazenado, em arquivos XML, seguindo as regras para transcrição de enunciados em língua de sinais descritas no Capítulo 4. Glosa é uma palavra da língua oral que identifica de forma escrita um sinal de uma língua sinalizada.

Para a implementação dos arquivos de texto com a transcrição dos sinais e das constituintes foi utilizada a linguagem de marcação XML (eXtensible Markup Language)<sup>8</sup>. Um documento XML obedece à regras pré-definidas que estruturam o documento de maneira hierárquica. Documentos XML foram escolhidos para a implementação do sistema de transcrição por apresentarem várias vantagens, dentre as quais destacam-se:

- São arquivos de texto, manipuláveis em qualquer editor de textos simples, universalmente reconhecidos e utilizados na implementação de softwares de computador.
- Descrevem satisfatoriamente hierarquias, sendo uma linguagem de marcação validada e consolidada.
- Podem ser editados e validados com o uso de ferramentas disponíveis gratuitamente.
- Podem ser facilmente compartilhados.
- Os mesmos arquivos podem ser utilizados em outras implementações, pois em geral as ferramentas de programação atual possuem mecanismos para ler e processar arquivos XML.

Uma gramática define a estrutura geral de formação de uma sentença válida para uma língua. Através de uma gramática pode-se gerar todas as sentenças da linguagem definida por ela. Para descrever o sistema de transcrição proposto foi criado um documento de regras formal que consta no Apêndice I. Adicionalmente, foi utilizada também a linguagem conhecida como XML *schema*, documento de regras recomendado pela W3C<sup>9</sup>. Um *schema* permite especificar a

---

<sup>8</sup> <http://www.w3.org/XML>

<sup>9</sup> <http://www.w3.org>

estrutura, forma e sintaxe dos arquivos XML, como por exemplo a presença ou a ordem dos elementos em uma instância do XML, o número de ocorrência de cada elemento e o conteúdo e tipo de cada atributo do elemento. Dessa forma, foi criado um XML *schema* a partir do sistema de transcrição proposto que consta no Apêndice II.

## 5.4 Modelo

O modelo do agente virtual sinalizador foi construído para representar, com características realistas, uma pessoa do sexo feminino. A Figura 5.2 ilustra a malha poligonal do modelo, batizado de Alicia, seu esqueleto de controle, e o modelo como visto pelo usuário, respectivamente.

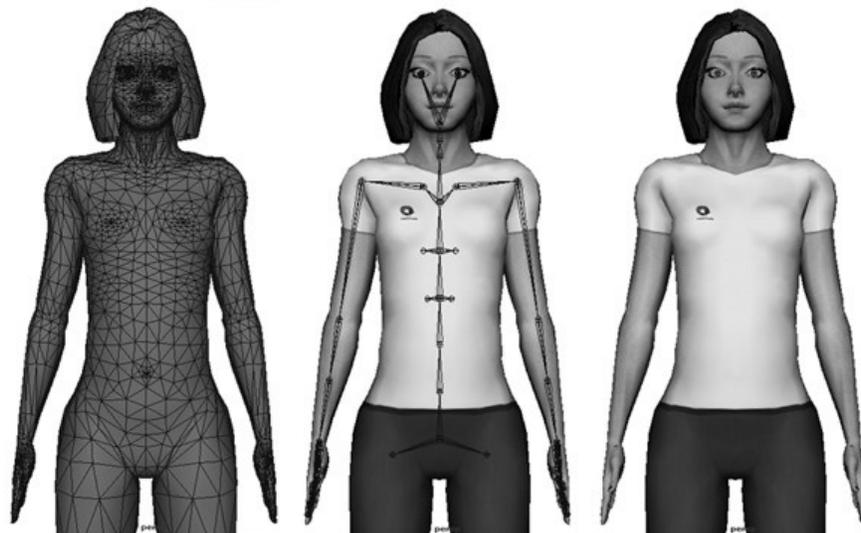


Figura 5.2: Modelo batizado de Alicia

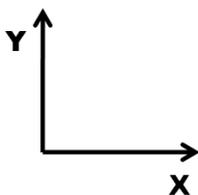
Em computação gráfica uma malha poligonal é uma coleção de faces que definem um objeto tridimensional. Uma face é um conjunto de pontos, organizados para representar vértices de um polígono, estruturados de maneira a formar faces geométricas no espaço tridimensional. As faces geralmente são constituídas de triângulos ou quadriláteros, uma vez que estas formas

simplificam o processo de renderização. No entanto também podem ser compostas por outros tipos de formas geométricas. No contexto deste trabalho o termo renderizar, do inglês *render*, significa fazer o processamento de objetos matemáticos que definem o modelo tridimensional em uma imagem que será exibida ao usuário no monitor do computador.

A parte superior do corpo, tronco, braços e ombros, cabeça e principalmente as mãos, são mais utilizadas na sinalização da libras do que a parte inferior do corpo, como quadris e pernas. Dessa forma, a densidade maior de malha de polígonos concentra-se na parte superior do modelo. Pelos mesmos motivos, a janela de exibição inicial do software enquadra a modelo da linha do quadril para cima, mas esse ponto de vista pode ser alterado pelo usuário através de botões na interface, aproximando, afastando ou girando a câmera pelo espaço de sinalização.

É importante ressaltar que um sistema de coordenadas tridimensional é composto por três eixos: X, Y e Z, e pela origem (0.0, 0.0, 0.0). Em outras palavras, um objeto modelado e posicionado no espaço tridimensional pode se movimentar em três direções: para esquerda e para direita, para cima e para baixo e para frente e para trás.

Para o posicionamento de um objeto no plano, em duas dimensões, os eixos X e Y são comumente posicionados como ilustra a Figura 5.3.

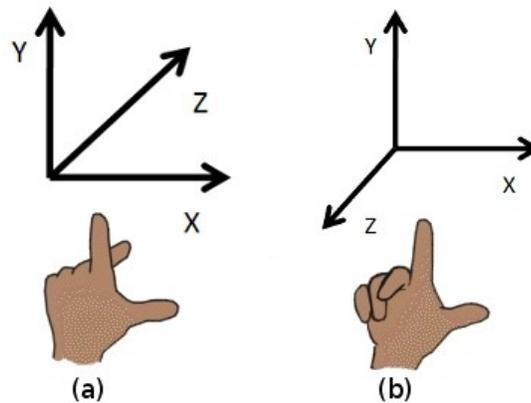


**Figura 5.3: Sistema de coordenadas 2D.**

Para identificar como o eixo Z é posicionado em relação a X e Y em geral são utilizados os sistemas da regra da mão direita ou da mão esquerda. O polegar representa o eixo X, o indicador o eixo Y e o dedo médio o eixo Z, como ilustra a Figura 5.4<sup>10</sup>.

---

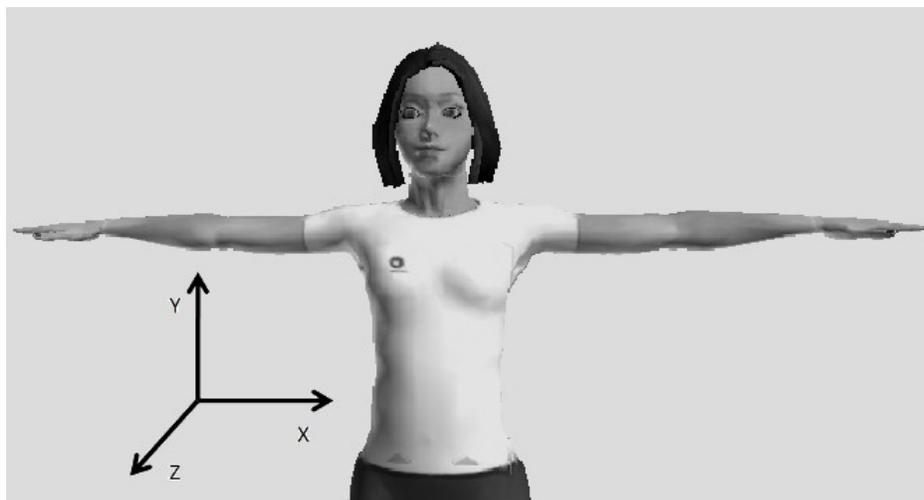
<sup>10</sup>[http://viz.aset.psu.edu/gho/sem\\_notes/3d\\_fundamentals/gifs/left\\_right\\_hand.gif](http://viz.aset.psu.edu/gho/sem_notes/3d_fundamentals/gifs/left_right_hand.gif)



**Figura 5.4: Sistema de coordenadas 3D.**

O modelo da Alicia, personagem utilizada para a implementação, utiliza sistema de coordenadas conforme a regra da mão direita, ilustrado na Figura 5.4 (b).

A Alicia foi modelada em uma posição em pé como ilustra a Figura 5.5. Os braços estão abertos, esticados ao lado do corpo na horizontal, com a ponta dos dedos direitos apontados para direita, e dos dedos esquerdos, apontados para esquerda, palmas das mãos apontadas para baixo. Em outras palavras, estando na posição da Figura 5.5, todos os ângulos das juntas são zero.



**Figura 5.5: Posição inicial do modelo.**

Adicionalmente à malha de polígonos, que representa a superfície externa e visível, o modelo também é constituído de um esqueleto de controle. Este esqueleto, ao ser manipulado, permite a deformação da malha poligonal e gera a sensação de movimento, com a consequente animação do modelo. O esqueleto é uma estrutura hierárquica constituída de juntas, analogamente as juntas do corpo humano, que podem rotacionar. As juntas são conectadas entre si por elementos de ligação que representam ossos.

A nomenclatura utilizada nas juntas do modelo é baseada no padrão proposto pelo sistema H-Anim<sup>11</sup> e ilustrada nas Figuras 5.6 e 5.7.

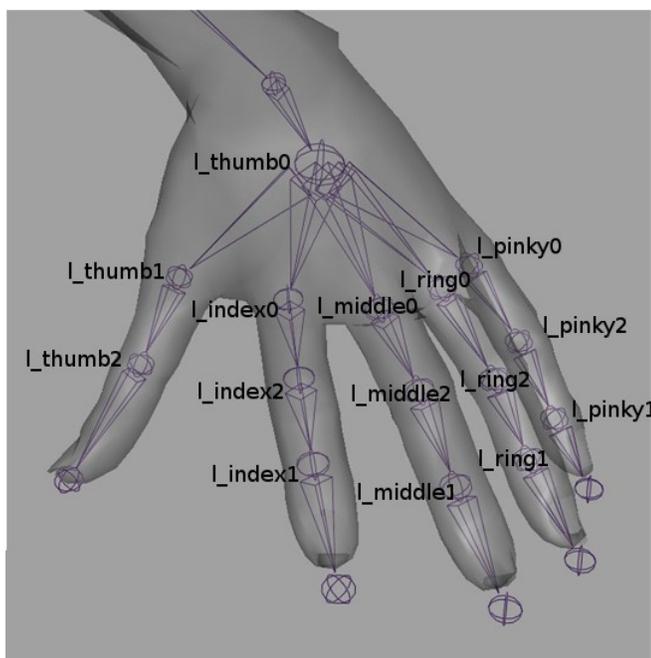
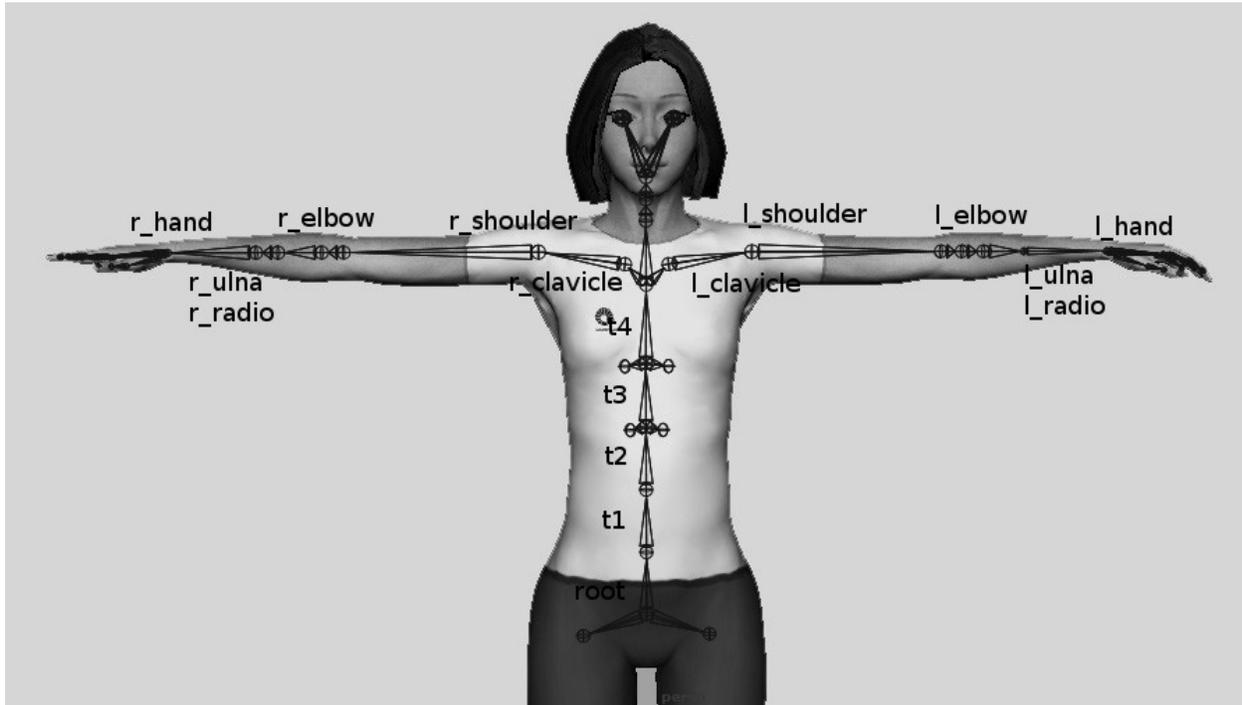


Figura 5.6: Juntas utilizadas na mão do modelo

<sup>11</sup> <http://h-anim.org/Specifications/H-Anim1.1/> Acessado em: 20/03/2012.



**Figura 5.7: Juntas utilizadas no corpo do modelo**

As juntas dos membros do lado esquerdo do corpo têm o nome precedidos de l (*left*), e as juntas dos membros direitos são precedidas de r (*right*). Como mencionado no Capítulo 3, a movimentação do braço no modelo utilizado possui 8 graus de liberdade, sendo que para o posicionamento da palma da mão em um ponto do espaço de sinalização apenas 7 graus de liberdade são utilizados, pois o grau de liberdade do antebraço, reproduzido pela rotação em conjunto do rádio e da ulna, apenas vira a palma da mão para cima e para baixo. A Figura 5.8 ilustra estes graus de liberdade para o braço direito.

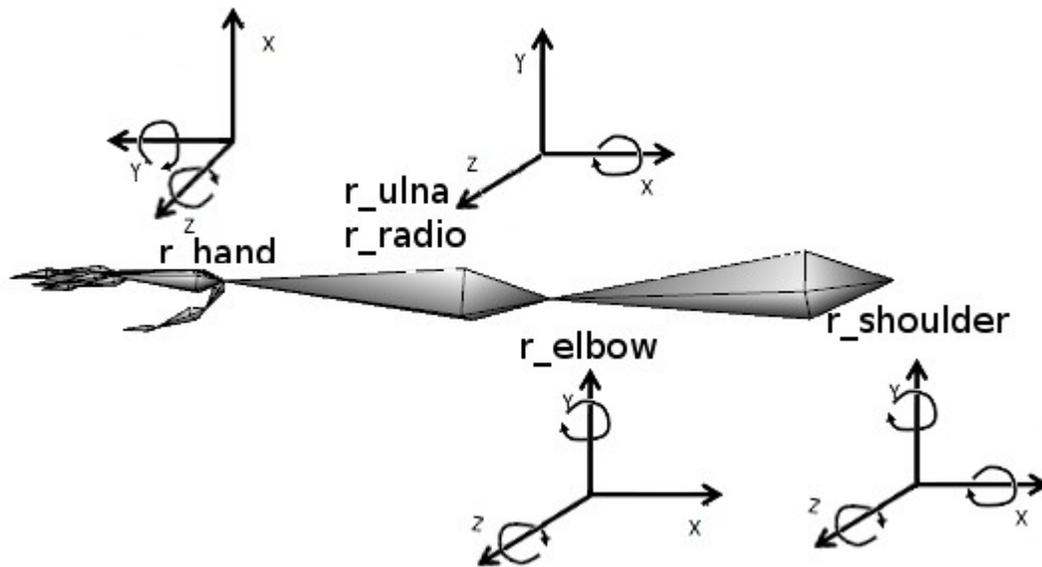


Figura 5.8: Juntas utilizadas no corpo do modelo

É importante ressaltar que o sistema de transcrição é independente de modelo, ou seja, não faz menção específica a nenhum modelo tridimensional. A implementação do sistema, por sua vez, é dependente de esqueleto de controle, referenciando diretamente o nome das juntas do esqueleto de controle.

Dessa forma é possível utilizar a implementação do sistema para outros modelos, com outra malha poligonal, outra aparência e outras roupas, desde que o esqueleto de controle contenha as mesmas juntas com igual nomenclatura. Ou ainda é possível gerar outras implementações para o mesmo sistema de transcrição proposto nos Capítulos 3 e 4.

O fato de não referenciar diretamente o avatar possibilita que o sistema seja utilizado para diferentes propósitos, com o uso de diferentes modelos tridimensionais. Pode-se por exemplo utilizar um modelo com vestimentas formais para a apresentação de um jornal, ou um modelo infantil para crianças. É possível até mesmo a utilização de um modelo não humano, desde que contenha um esqueleto com as mesmas juntas e suas respectivas nomenclaturas, que permita sua movimentação e conseqüente sinalização dos sinais.

O modelo foi construído em um software de modelagem e posteriormente exportado em formato FBX, que permite a exportação e importação de modelos, incluindo esqueleto e texturas, entre diversos softwares de modelagem. Uma das vantagens de arquivos FBX é que são facilmente lidos pelo XNA, plataforma utilizada no desenvolvimento, possibilitando a manipulação do esqueleto e a geração da animação através de algoritmos computacionais.

### **5.5 Pontos de localização**

Como mencionado no Capítulo 3, este trabalho referencia no sistema de transcrição pontos possíveis para o posicionamento da mão no espaço tridimensional, e cada ponto representa rotações nas juntas do ombro e cotovelo.

As juntas do ombro humano possuem três graus de liberdade para rotação. Dessa forma, no espaço cartesiano 3D, é possível rotacioná-la nos eixos X, Y e Z, conforme ilustram as Figuras 5.9, 5.10 e 5.11, com os braços em movimentos espelhados.

A rotação do braço no eixo X provoca os movimentos conhecido na anatomia por rotação medial e rotação lateral do braço (ou rotação externa e interna). É o movimento que vira a palma da mão. Na Figura 5.9 o braço é rotacionado em 30° em X, o que causa o movimento de rotação medial ou externa, o braço “roda para fora”.



Figura 5.9: *Location* = 30\_0\_0\_0\_0. Ombro rotacionado em 30° no eixo X

A rotação no eixo Y provoca os movimentos conhecidos como flexão e extensão. Flexão é o movimento de puxar o braço “para frente”, como na Figura 5.10. O movimento de extensão é o contrário da flexão, e puxa o braço “para a posição de repouso”.

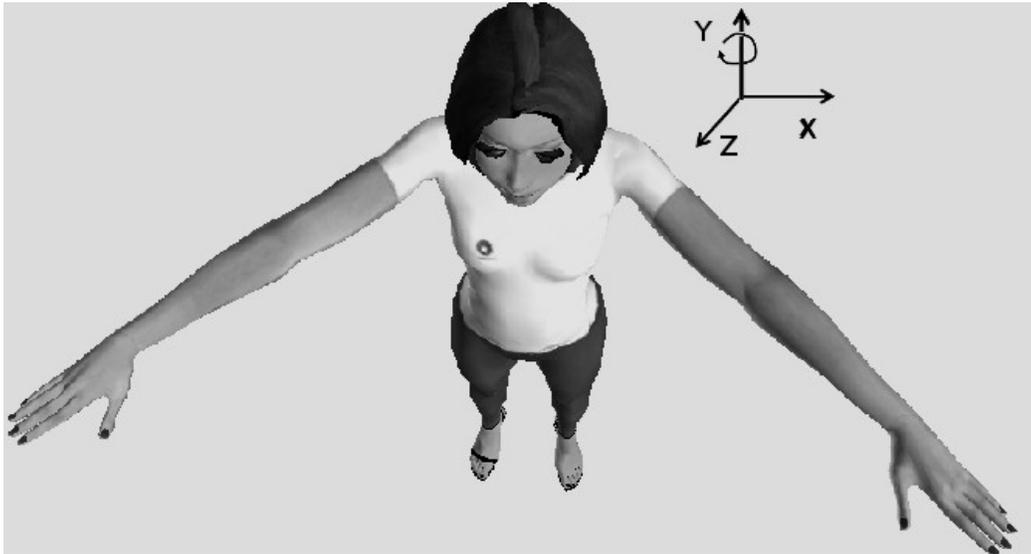


Figura 5.10: *Location* =0\_45\_0\_0\_0. Ombro rotacionado em 45° no eixo Y

A rotação no eixo Z levanta os braços para cima, afastando-os do corpo, na lateral, ou abaixa-os, aproximando-os ao corpo. É o movimento conhecido na anatomia como abdução, ilustrado na Figura 5.11. O movimento oposto, quando a mão retorna para a lateral do corpo é conhecido como adução.

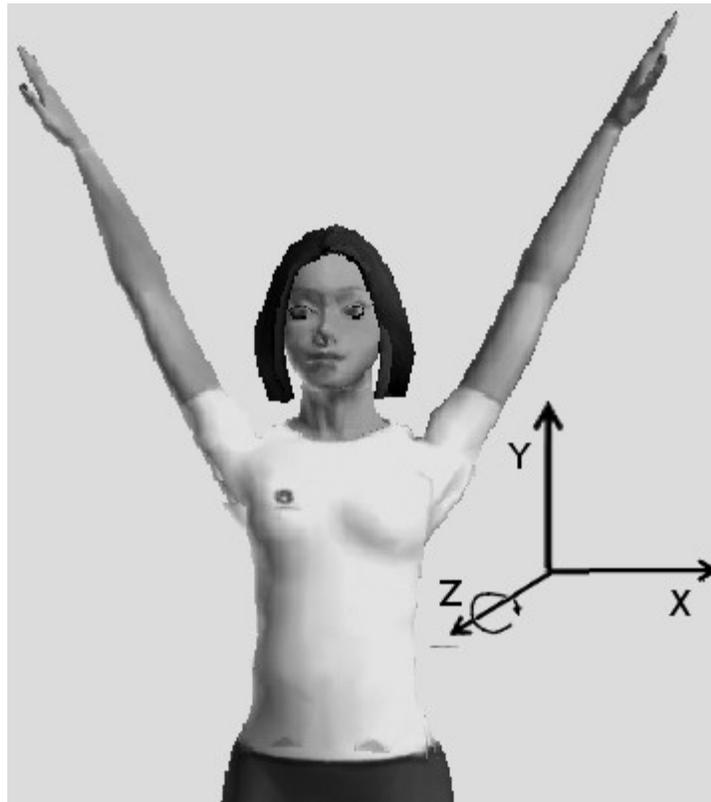


Figura 5.11: *Location* =0\_0\_-60\_0\_0. Ombro rotacionado em -60° no eixo Z

O cotovelo é modelado com dois grau de liberdade e pode sofrer rotação nos eixos Y e Z. A rotação no eixo Y flexiona e estende o cotovelo, como ilustrado na Figura 5.12. A rotação no eixo Z flexiona o cotovelo “para frente”, como ilustra a Figura 5.13.



Figura 5.12: *Location* = 0\_0\_0\_45\_0. Cotovelo rotacionado em 45° no eixo Y.

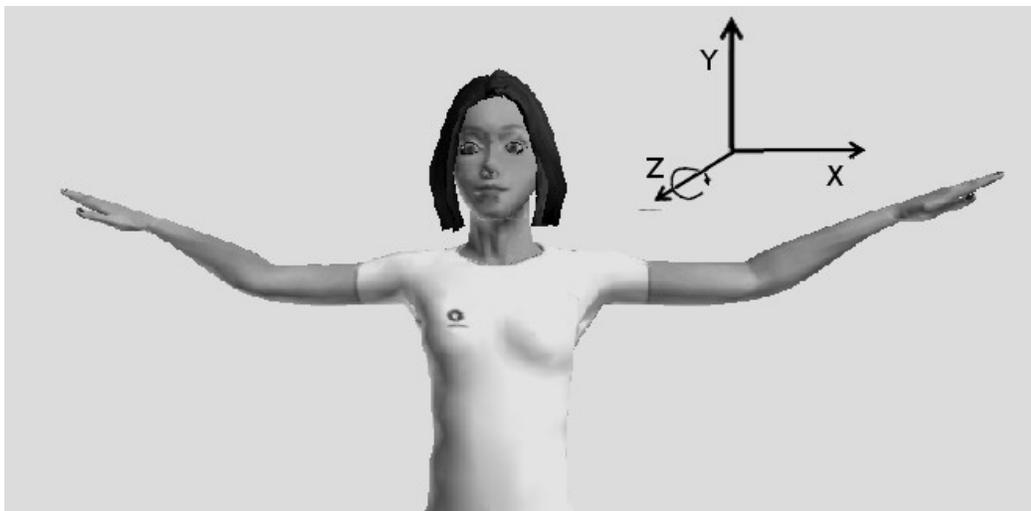


Figura 5.13: *Location* =0\_0\_0\_0\_-20. Cotovelo rotacionado em -20° no eixo Z

A posição inicial do modelo é ilustrada na Figura 5.5. Dessa forma, para trazer o braço para a posição de repouso na implementação do programa, ilustrada na Figura 5.14, é preciso rotacionar os ombros a 85 graus no eixo Z. O esqueleto de controle é simétrico, dessa forma, a mesma rotação é aplicada para os dois lados do corpo, esquerdo e direito, para alcançar a mesma posição.



Figura 5.14: *Location* = 0\_0\_85\_0\_0. Posição de repouso.

O atributo *location* é dado por  $X_s\_Y_s\_Z_s\_Y_e\_Z_e$  e referencia diretamente os ângulos de rotação das juntas dos ombros e cotovelo, como detalhado no Capítulo 3. Para auxiliar o usuário a definir o ponto de localização de um sinal, foi criado um programa de computador onde o usuário posiciona a mão do modelo no local desejado, de forma visual através da interface do programa, e então registra as rotações necessárias para alcançar esta posição. A tela do programa para o posicionamento da mão é ilustrada na Figura 5.15. Através de botões de incremento o usuário ajusta os ângulos dos ombros e cotovelo, dos braços direito e esquerdo, e ao mesmo tempo visualiza qual é a rotação da posição atual. Quando a mão está na posição desejada, os ângulos que estão sendo exibidos na tela são as rotações necessárias para esta posição.

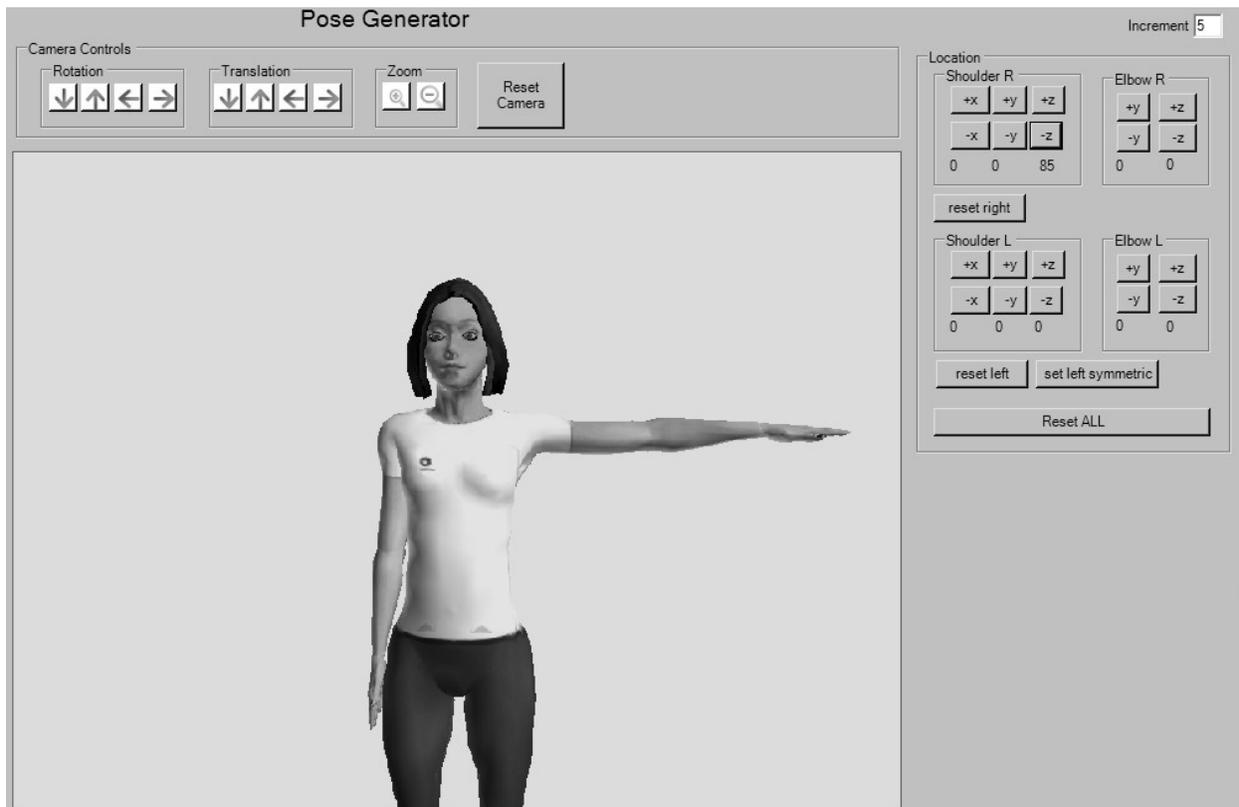


Figura 5.15: Tela para gerar a posição das mãos. Neste exemplo, rotação apenas no eixo Z de 85 no ombro para o braço direito.

## 5.6 Transcrição dos sinais

Após o sistema receber os sinais de entrada, os arquivos de transcrição de cada sinal são carregados no sistema. Cada sinal é transcrito em forma de texto em um arquivo XML que obedece às regras do sistema de transcrição apresentadas no Capítulo 3.

Para exemplificar a implementação, considere o sinal SURDO da libras (Figura 5.17).

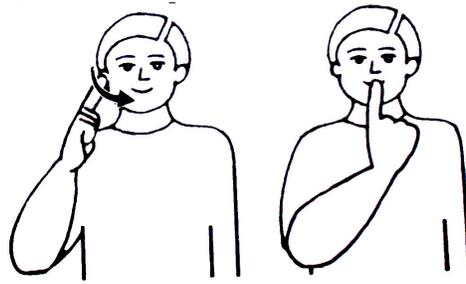


Figura 5.16: Sinal SURDO da libras (Capovilla et al., 2009)

*Sinal SURDO: Mão em 1, palma para a esquerda. Tocar a ponta do indicador na orelha direita, virar a palma para trás, e tocar a ponta do indicador nos lábios.*

O sinal SURDO é transcrito no XML a seguir:

```
<sign name="surdo">
  <pose>
    <dominantHand configuration="g" location="-10_55_85_138_5" palmOrientation="neutral"/>
  </pose>
  <movement>
    <space speed="2">-10_55_85_125_5 -10_30_85_140_20</space>
    <forearm orientation="supination"/>
  </movement>
</sign>
```

O elemento raiz é *sign*, que contém como atributo o nome do sinal, neste caso, “surdo”.

Em seguida, o elemento *pose* descreve a posição inicial do sinal surdo. O elemento *pose* tem como elemento filho *dominantHand*.

Os atributos de *dominantHand* descrevem a configuração de mão, orientação da palma e localização da mão. A configuração de mão do sinal surdo é em g ou 1, descrita pelo atributo *configuration*. A orientação da mão, descrita por *palmOrientation*, é *neutral*, ou seja, não há rotação nas juntas do antebraço. O atributo *palmOrientation* poderia ter sido omitido da descrição, uma vez que o seu valor *default* é *neutral*. A localização é na orelha, descrita pelo atributo *location*. O ponto que corresponde à -10\_55\_85\_138\_5 é alcançado rotacionando-se o ombro em (-10,55,85) e o cotovelo em (138,5).

O elemento *movement* descreve os movimentos espacial e de antebraço. O movimento espacial, descrito com o elemento *space*, leva a mão da orelha até a boca. O movimento possui

trajetória em arco, saindo do ponto -10\_55\_85\_138\_5, passando por um ponto intermediário -10\_55\_85\_125\_5 e terminando no ponto -10\_30\_85\_140\_20. O atributo *speed* controla a velocidade do movimento e o atributo *repeat*, a repetição do movimento, que neste caso é zero. O atributo *hand* diz que o movimento deve ser articulado na mão direita, e poderia ter sido omitido uma vez que seu valor default é *dominant*.

O movimento do antebraço é descrito pelo elemento *forearm*. O antebraço, que quando tocava a orelha estava voltado para o lado, na posição neutra, faz um movimento de supinação para que a palma da mão seja rotacionada e o indicador toque a boca. Os atributos *repeat* e *speed* controlam repetição e velocidade do movimento do antebraço.

Para mais exemplos de sinais transcritos no sistema proposto, consultar Apêndice III.

## 5.7 Transcrição da configuração de mão

As configurações de mão também foram descritas com arquivos XML. Cada configuração de mão é descrita em um arquivo. Esta descrição foi apresentada em detalhes no Capítulo 3. Para exemplificar a transcrição da configuração de mão, considere a configuração de mão da letra A da libras, ilustrada na Figura 5.17.



Figura 5.17: Configuração de mão da letra A

A configuração de mão da Figura 5.17 é transcrita no sistema com o seguinte arquivo XML:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<configuration>
```

```
<index proximal="-63.0" medial ="0" distal="-96.8" inclined="-2.5"/>
<middle proximal="-61.9" medial ="0" distal="-96.6" inclined="2.2"/>
<ring proximal="-59.8" medial ="0" distal="-94.5" inclined="5.5"/>
<little proximal="-64.9" medial ="0" distal="-89.7" inclined="14.1"/>
<thumb proximal="-22.8" distal="-29.3" metacarpal="-7.3" inclined="-
7.5"/>
</configuration>
```

Dessa forma, cada dedo corresponde à um elemento do XML, a saber: *index*, *middle*, *ring*, *little* e *thumb*. Cada junta dos dedos é descrita com um atributo: *proximal*, *medial* e *distal*. O atributo *inclined* é a rotação para a junta proximal do dedo, responsável por inclinar e afastar os dedos entre si. O elemento *thumb*, como discutido no Capítulo 3, não possui o atributo *medial* mas, por outro lado, possui o atributo *metacarpal*, que corresponde à rotação na junta do metacarpo do dedo polegar.

### 5.8 Processamento

Para a implementação do sistema foi utilizada a plataforma Microsoft XNA 3.1, voltada ao desenvolvimento de jogos e que tem C# como linguagem padrão. A plataforma XNA foi utilizada por oferecer recursos para a importação de modelos tridimensionais com esqueleto de controle através de arquivos no formato FBX, possibilitando a animação do modelo de maneira mais natural e realista. A interface de desenvolvimento (IDE - Integrated Development Environment) utilizada foi Microsoft Visual C# 2008 Express Edition.

O software desenvolvido possui cinco métodos principais: *Initialize*, *LoadContent*, *Update*, *Draw* e *UnloadContent*. Os métodos *Initialize* e *LoadContent* são executados uma única vez no início da execução. Já os métodos *Update* e *Draw* são executados repetidamente em um laço infinito, até que o usuário encerre o programa.

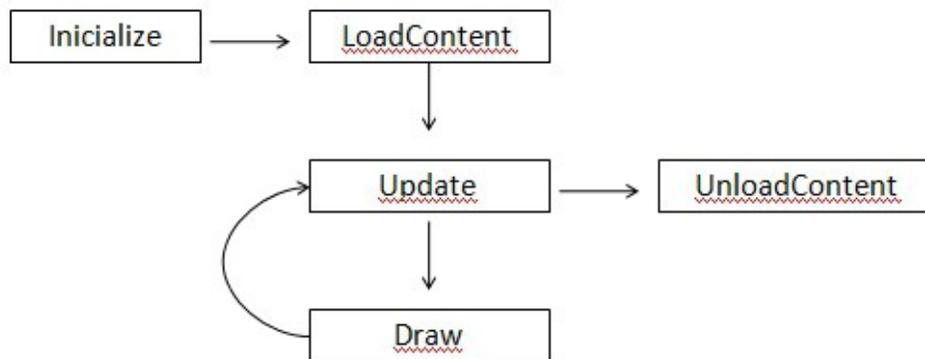
O método *Initialize* é responsável por inicializar as variáveis de controle e matrizes de visualização e perspectiva. O método *LoadContent* é responsável por fazer a leitura do arquivo

FBX, correspondente ao modelo, e carregar a personagem tridimensional na memória, sendo também responsável pela inicialização das matrizes necessárias para a movimentação do modelo.

Após a chamada “carga do programa” ser inicializada, ou seja, após todo o ambiente e as variáveis estarem prontos, é dado início ao laço principal do programa. Este laço consiste em dois métodos que são chamados repetidamente até que o programa se encerre. São eles: Update e Draw. Toda a lógica do programa é acionada através desses métodos.

A aplicação das matrizes de transformação nas juntas do modelo ocorrem dentro do método Update. Essas matrizes são criadas baseadas nos sinais a serem articulados, obtidos através dos arquivos XML.

Em seguida, o método Draw, utilizado para desenhar objetos na tela, exhibe ao usuário o resultado das transformações na personagem através de uma câmera de visualização, baseada nas matrizes de visualização e perspectiva criadas dentro do método Initialize. A Figura 5.18 ilustra o ciclo de vida do processamento do programa.



**Figura 5.18:** Ciclo de vida do processamento do programa.

Para gerar a animação, cada junta do modelo possui uma matriz de rotação. Esta matriz, inicialmente neutra, pode ou não sofrer alteração dependendo da pose que se deseja alcançar. O programa lê o arquivo XML do sinal e calcula quais serão as poses chave da sinalização. Em cada iteração do método Update é realizada a interpolação entre pose atual e próxima pose chave,

incrementando ou decrementando as rotações nas juntas do modelo, até que as rotações da pose atual sejam as mesmas rotações da pose chave.

Por exemplo, para mover a modelo da pose da Figura 5.19 (a) para a pose da Figura 5.19 (b) é necessário que a modelo rotacione os ombros em  $85^\circ$  no eixo Z . Considerando uma velocidade de sinalização de um grau por pose, serão necessárias oitenta e cinco poses para, a partir da posição (a) alcançar a posição (b). Em outras palavras, o método Update irá executar oitenta e cinco vezes, e em cada execução vai aumentar um grau de rotação na junta do ombro no eixo Z. Quando reproduzido continuamente, a sensação que o usuário tem é de que a modelo está se movimentando. O procedimento é semelhante para gerar a animação nas demais juntas do modelo.

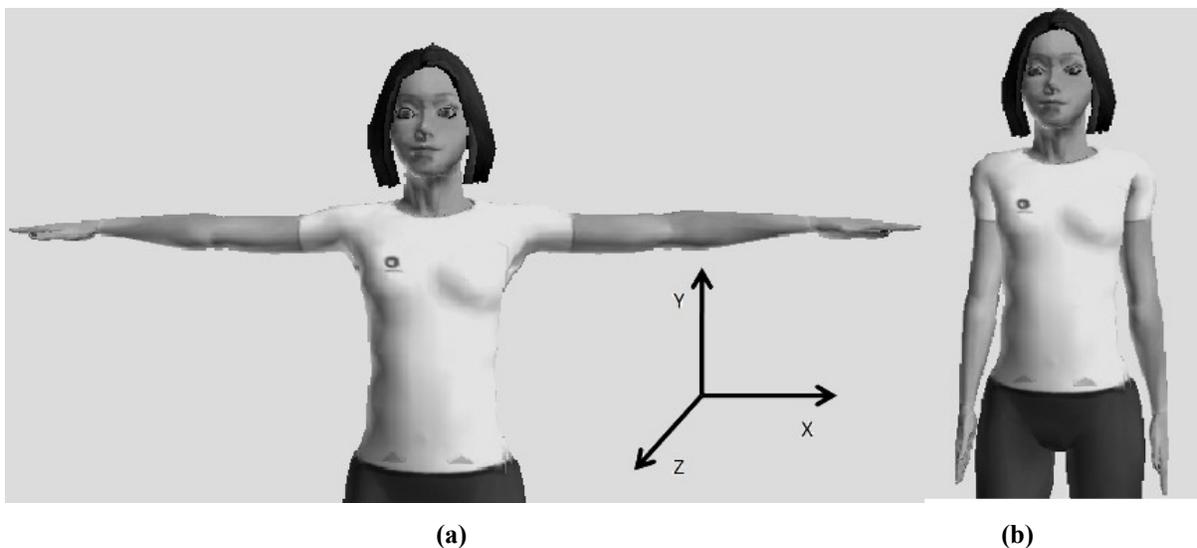


Figura 5.19: Exemplo de movimentação do personagem

Para implementar o sistema de transcrição é necessário interpretar os valores linguísticos descritos no Capítulo 3, como pronação e flexão por exemplo, e criar o mapeamento destes valores para ângulos de rotação nas juntas do modelo. Por exemplo, o sistema de transcrição define a orientação da palma da mão com valores como *supination* e *pronation*, atribuídos ao

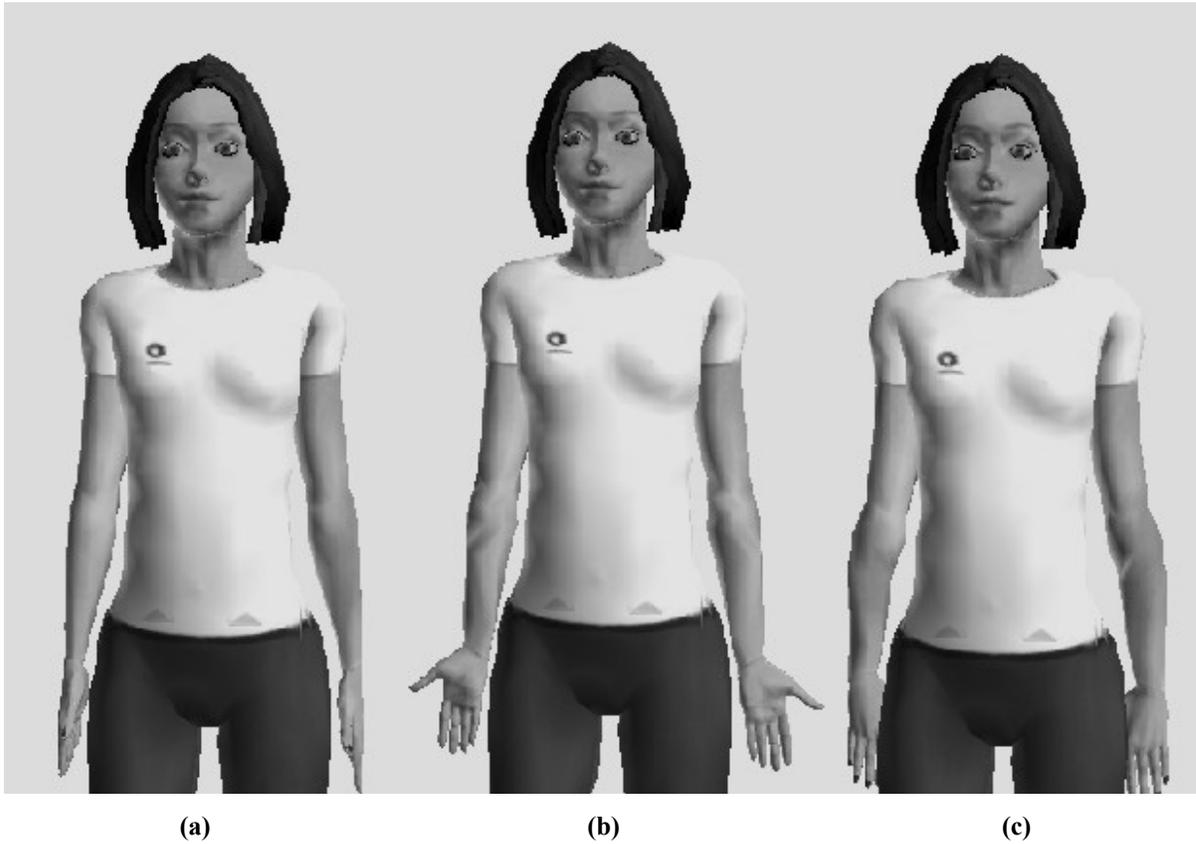
atributo *palmOrientation*. Para que esta informação se traduza na correta sinalização do modelo, é necessário traduzir *supination* e *pronation* para valores de rotação nas juntas do antebraço.

O antebraço é rotacionado pelas juntas da ulna e do rádio. Ulna é o maior osso do antebraço, e liga o cotovelo ao punho, onde se encontra o dedo mínimo. O osso do rádio se estende na parte lateral do antebraço, indo do cotovelo até o lado do punho, onde se encontra o polegar, como já descrito no Capítulo 3. A Tabela 5.1 descreve as rotações aplicadas nas juntas do rádio e ulna para movimentar o antebraço, ilustradas na Figura 5.20.

<b>Posição</b>	<b>Rotação na Ulna</b>	<b>Rotação no rádio</b>	<b>Ilustração</b>
<i>neutral</i>	0	0	Figura 5.20 (a)
<i>supination</i>	45	45	Figura 5.20 (b)
<i>pronation</i>	-45	-45	Figura 5.20 (c)

**Tabela 5.1: Rotações do antebraço**

Além dos valores pré-definidos *supination*, *pronation*, e *neutral*, o sistema também admite que o usuário informe explicitamente um valor de rotação que será aplicado nas juntas do antebraço.



**Figura 5.20: Exemplo de movimentação do antebraço**

A junta do punho pode sofrer rotações em duas direções, para cima e para baixo (extensão /flexão), ou para os lados (desvio radial/ulnar), como ilustra a Figura 5.21. No Capítulo 3 as rotações do punho foram descritas com dois atributos, um para rotações para cima e para baixo (atributo *wrist*) e outro para as rotações para os lados (atributo *wristDeviation*). A Tabela 5.2 descreve as rotações aplicadas nas juntas do punho, com o atributo *wrist*, ilustradas na Figura 5.21. Assim como as rotações do antebraço, além dos valores pré-definidos o sistema também admite que o usuário informe explicitamente um valor de rotação que será aplicado na junta do punho.

Posição	Rotação no punho eixo Z	Ilustração
<i>neutral</i>	0	Figura 5.21 (a)
<i>flexion</i>	-70	Figura 5.21 (b)
<i>relaxedFlexion</i>	-35	Figura 5.21 (c)
<i>extension</i>	70	Figura 5.21 (d)
<i>relaxedExtension</i>	35	Figura 5.21 (e)

Tabela 5.2: Rotações do punho no eixo Z

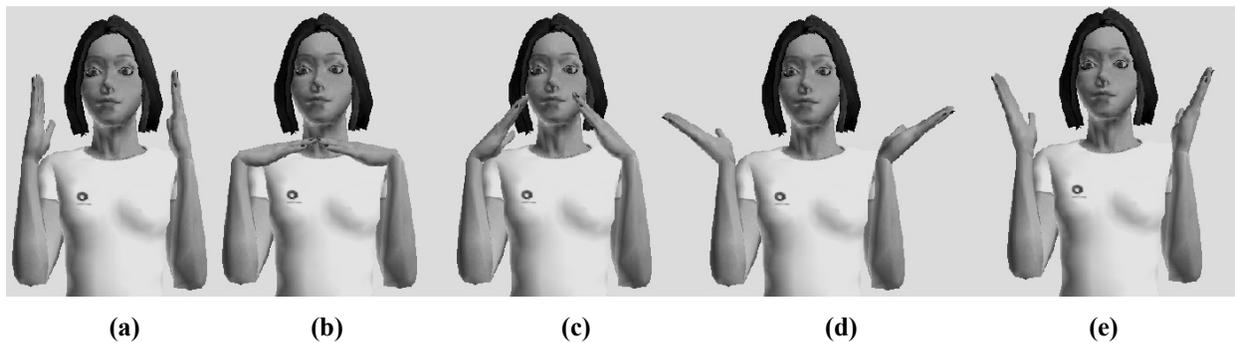
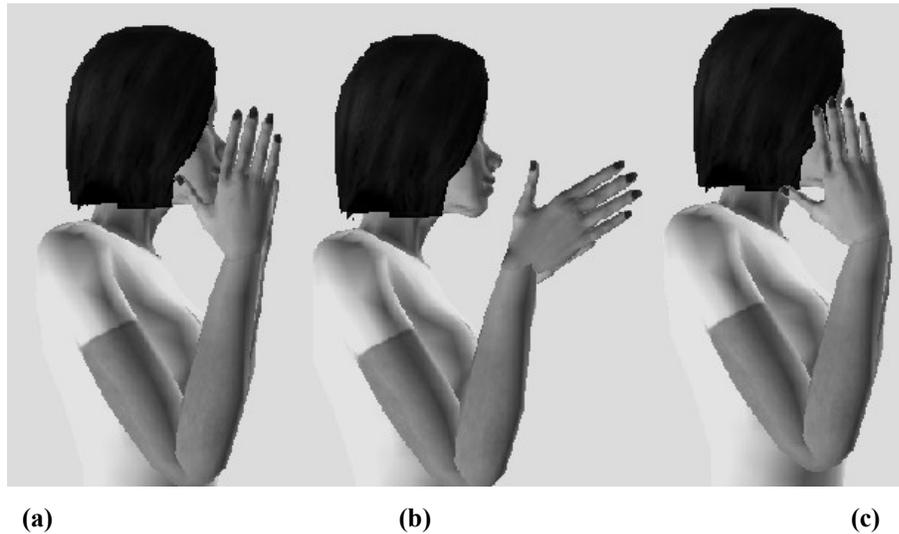


Figura 5.21: Exemplo de movimentação do punho

O atributo *wristDeviation* pode assumir os seguintes valores (Tabela 5.3):

Posição	Rotação no punho eixo X	Ilustração
<i>neutral</i>	0	Figura 5.22 (a)
<i>ulnarDeviation</i>	-50	Figura 5.22 (b)
<i>radialDeviation</i>	20	Figura 5.22 (c)

Tabela 5.3: Rotações do punho no eixo X

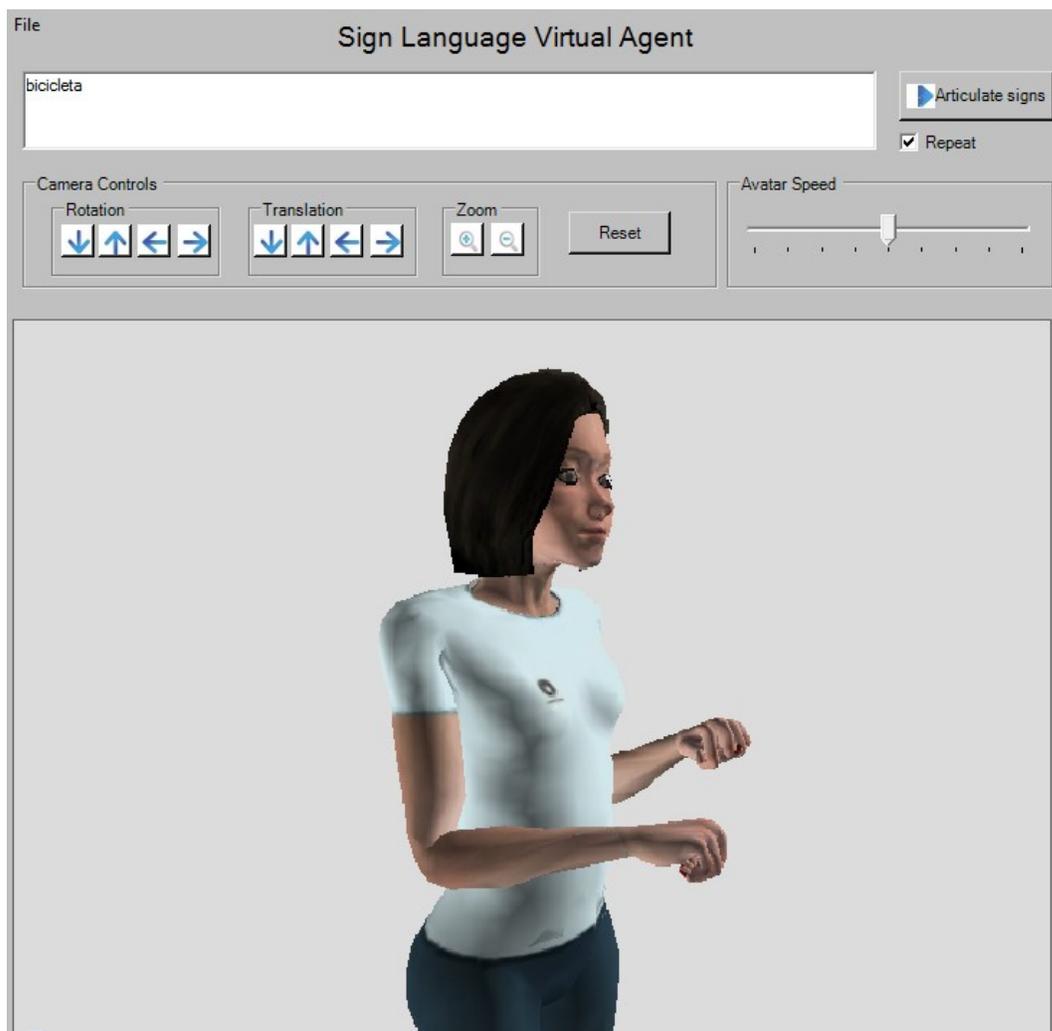


**Figura 5.22: Rotações do punho**

Outro detalhe da implementação é a velocidade de sinalização dos movimentos. O atributo *speed*, que aparece nos elementos de movimento, é mapeado no sistema como o incremento das rotações. Foi definido três graus como velocidade padrão. Dessa forma, caso o usuário não especifique uma velocidade de sinalização, a cada iteração do programa são adicionados (ou subtraídos) três graus na rotação das juntas do modelo.

## **5.9 Animação**

A interface da implementação do sistema é ilustrada na Figura 5.23 e permite ao usuário ter controle sobre a visualização do modelo. Dessa forma, é possível aproximar ou afastar a câmera, alterar o ângulo de visão, acelerar ou desacelerar o movimento e deixar o movimento em repetição (loop).



**Figura 5.23: Interface do programa**

Para palavras que não contenham XML de descrição, o programa soletra a palavra, ou seja, articula a datilologia, utilizando as letras do alfabeto manual da libras.

## 5.10 Considerações finais

Neste Capítulo foram descritos detalhes da implementação do agente virtual sinalizador, abordando o modelo geométrico, a sua estrutura de controle na forma de esqueleto, a plataforma de desenvolvimento e a estrutura do programa que implementa o agente virtual sinalizador.

O sistema recebe uma entrada e processa as informações identificando quais sinais serão articulados e de que maneira. A descrição de cada sinal está previamente armazenada no sistema e segue regras definidas na metodologia de transcrição das línguas de sinais para fins computacionais. O sistema recupera a descrição de cada sinal e calcula as rotações necessárias nas juntas do esqueleto do modelo para realizar a animação. O modelo é carregado e manipulado pelo sistema e o resultado final é a visualização da sinalização em língua de sinais do texto de entrada.

O agente é constituído de um modelo animado, representando uma figura humana, capaz de articular sinais. O controle do agente virtual sinalizador é efetuado através de *scripts* textuais que descrevem os sinais em notação especialmente desenvolvida no contexto deste trabalho e apresentada nos Capítulos 3 e 4.

Neste Capítulo foram abordados apenas detalhes de implementação dos movimentos de ombros, braços e dedos. Apesar de o sistema de transcrição abordar a descrição de expressões não manuais, como expressões faciais e corporais, a implementação destes movimentos foge do escopo deste trabalho, e está sendo tratada por outros pesquisadores da equipe.

É importante ressaltar que o sistema de transcrição proposto neste trabalho é independente de implementação. A implementação apresentada neste capítulo foi criada apenas para ilustrar a utilização do sistema de transcrição e a possibilidade de gerar conteúdo em língua de sinais através da interpretação de *scripts*, ou seja, conteúdo transcrito em forma de texto. Portanto, todas as tecnologias descritas aqui podem ser substituídas por outras equivalentes, sem interferir nos conceitos do sistema de transcrição abordados nos Capítulos 3 e 4.



# Capítulo 6

## Teste de inteligibilidade do sinalizador

### 6.1 Introdução

Para avaliar o sistema de transcrição proposto implementado com o programa descrito no Capítulo 5 foram realizados testes de inteligibilidade com surdos e ouvintes fluentes em libras. Os testes foram desenvolvidos como finalidade principal de avaliar se os sinais transcritos com o sistema proposto e animados com o personagem virtual seriam corretamente interpretados por conhecedores de libras.

O Capítulo 6 está organizado como segue. A Seção 6.2 descreve como o material de teste foi elaborado. A Seção 6.3 trata do protocolo de teste utilizado. A Seção 6.4 apresenta as características dos participantes do teste. A Seção 6.5 discute os resultados obtidos na avaliação dos sinais. As Seções 6.6 e 6.7 descrevem, respectivamente a avaliação das configurações de mão e de enunciados da libras. A Seção 6.8 contém as considerações finais do Capítulo.

### 6.2 Preparação do material de teste

A primeira tarefa foi eleger, dentre os sinais da libras, um subconjunto que representasse senão todos pelo menos a maioria dos aspectos discutidos nas sessões anteriores sem, no entanto, deixar o teste muito longo e cansativo para os participantes.

Xavier (2006) estudou as unidades do nível fonético-fonológico da libras e classificou os sinais de acordo com algumas unidades, como segue:

- **1 mão:** sinais articulados com uma mão.
- **mov:** sinais com movimento global, movimentos da mão pelo espaço.
- **mov.local:** sinais com movimento local, movimentos de dedos por exemplo, onde a posição das mãos no espaço não se altera.

- **1 CM**: sinais com apenas uma configuração de mão.
- **cont**: sinal com contato.
- **marcação não manual**: sinais com expressões não manuais, como expressões faciais e movimentos de cabeça e torso.
- **reduplicação**: sinais que repetem o mesmo movimento mais de uma vez.

O autor criou um banco de dados de sinais da libras e obteve estatísticas de ocorrência de sinais em cada um dos traços descritos, bem como exemplos de todas as combinações possíveis destes traços.

Existe uma dificuldade em se eleger para o teste sinais que representem todas as combinações possíveis dos traços articulatorios. Mesmo considerando que nem todas estas combinações tenham exemplos de sinais na libras, ou ainda que várias delas tenham pouca ocorrência, testar todas estas combinações resultaria em uma explosão combinatória de possibilidades e tornaria o teste inviável.

Optou-se por eleger para o teste sinais que representassem todos os sete traços articulatorios descritos por Xavier (2006) e representem também os elementos e atributos contidos no sistema de transcrição proposto.

Foram escolhidos vinte sinais da libras, entre eles duas datilologias, um sinal composto, oito sinais articulados com duas mãos, onze sinais com movimento espacial (circular, semicircular, reto e ziguezague), nove sinais com outros tipos de movimento, sendo que dois deles possuem também movimento espacial e sinais com e sem contato. A Figura 6.1 ilustra os sinais que compõem o teste, com suas respectivas características. As transcrições destes sinais constam no Apêndice III.

Sinal	Movimento espacial				Outros movimentos			Dinâmica das mãos			contato	datilologia	sinais compostos	
	Circular	SemiCircular	Reto	ZigueZague	Dedos	Pulso	Antebraço	1 mão	Alternadas	Espelhadas				Ativa/Passiva
ALICIA								x					x	
AMANHÃ			x					x				x		
ANDAR			x		x			x						
APLAUDIR			x							x		x		
ÁRVORE							x				x	x		
BARATA					x			x				x		
BICICLETA	x								x					
BOM DIA					x					x				bom+dia
BRASIL				x				x						
CACHORRO			x					x				x		
COMER					x			x						
COMPUTADOR	x									x				
CORAÇÃO							x	x				x		
DEUS			x					x						
DIFÍCIL			x		x			x				x		
FEUÃO						x					x	x		
FUTEBOL			x						x					
MOTO						x				x				
SURDO		x						x				x		
UNICAMP								x					x	

Figura 6.1: Sinais utilizados no teste de inteligibilidade do avatar

Em relação aos atributos do sistema descrito no Capítulo 3, o teste buscou abranger uma ampla gama de combinações dos valores de atributos e elementos. Para o escopo deste trabalho foi definido que não seriam testados movimentos corporais e faciais. Estas características são objeto de estudos em desenvolvimento em outro trabalho de pesquisa.

A seguir são discutidos os critérios adotados na escolha dos vinte sinais utilizados para o teste, analisando os valores de atributos do sistema de transcrição proposto e suas combinações.

Quanto ao atributo *configuration*, foram testadas todas as configurações de mão do alfabeto e dos numerais, além das configurações de mão dos 20 sinais que compuseram o teste. Quanto ao atributo *palmOrientation*, foram testados todos os possíveis valores para o atributo, como segue: *supination* (sinal BOM DIA), *neutral* (sinal AMANHA), *pronation* (sinal ANDAR). Para o atributo *wrist*, foram testados os valores: *flexion* (sinal ANDAR), *extension* (sinal CORAÇÃO), *relaxedExtension* (sinal COMPUTADOR), *neutral* (sinal COMER). Para o atributo *wristDeviation* foram testados os valores: *neutral* (sinal BRASIL) e *ulnarDeviation* (sinal BARATA). Quanto ao atributo *location*, foram testados sinais sendo articulados em diferentes pontos de localização do espaço de sinalização, inclusive com contato (sinal DIFÍCIL). O atributo *symmetry* foi testado com valor *false* (sinal COMER) e *true* (sinal APLAUDIR). Foram testados

sinais com diferentes tipos de movimento espacial: reto (sinal DEUS), circular (sinal BICICLETA), zigue-zague (sinal BRASIL) e semi-circular (sinal SURDO). Quanto aos outros tipos de movimento, foram testados os de antebraço (sinal FEIJÃO), de dedos (sinal DIFÍCIL) e de pulso (sinal MOTO). Também foram selecionados para o teste sinais que possuem dois tipos de movimento ao mesmo tempo, por exemplo movimento espacial e de dedos (sinal ANDAR). Diferentes velocidades de movimento também foram avaliadas, por exemplo, o sinal ANDAR move o braço lentamente para frente (movimento espacial *speed*=0.5, meio grau a cada iteração) enquanto move os dedos mais rapidamente (movimento de dedos *speed*=10, dez graus a cada iteração). Foram testados movimentos sem repetição (sinal DEUS) e com repetição (sinal COMER). Foi selecionado ainda um sinal com repetição de um movimento indeterminadas vezes (sinal ANDAR, movimento de dedos com atributo *repeat=INF*, com repetição indeterminada, ou seja, movimenta os dedos várias vezes enquanto o braço estiver se movendo). Também compuseram o teste sinais com movimento de apenas uma das mãos (sinal CACHORRO) e com ambas as mãos, de maneira espelhada (sinal COMPUTADOR), ativa/passiva (sinal ÁRVORE) e alternadas (sinal FUTEBOL). Um sinal composto foi selecionado para o teste, o sinal BOM DIA, e duas soletrações com alfabeto manual, ALICIA e UNICAMP. Embora todas as letras do alfabeto manual da libras e os numerais foram todos testados, as duas datilologias também fazem parte do teste de sinais, para avaliar se a soletração de palavras, com letras sinalizadas em sequencia, também é inteligível no avatar.

Os mesmos sinais foram capturados em vídeo de duas bibliotecas de libras online<sup>12 13</sup> e também foram exibidos aos participantes durante o teste, com o objetivo de identificar o desconhecimento de um determinado sinal por parte do participante, quando o sinal não fosse reconhecido em ambas as sinalizações, real e virtual.

---

<sup>12</sup><http://www.acessobrasil.org.br/libras/>

<sup>13</sup><http://www.dicionariolibras.com.br/>

### 6.3 Protocolo de teste

Uma ferramenta de software foi desenvolvida para apresentar os dados do teste aos participantes e para coletar e registrar os resultados obtidos. Os testes foram realizados num notebook core 2 DUO de 1.6 GHz, com 4 GB de memória RAM e uma controladora de video dedicada nvidia (Geforce 8600 M) com 256 MB de memória Ram. Os teste aconteceram em dias e locais diferentes, conforme a disponibilidade dos participantes. Cada participante realizou o teste isoladamente, sem a interferência de outras pessoas e sem consultar qualquer outro material, como dicionários, livros ou sites da internet.

Antes de iniciar o teste, cada participante era esclarecido sobre as finalidades do projeto e quais eram as tarefas a serem realizadas por ele durante a avaliação. Após esta introdução, uma breve tela de cadastro era apresentada ao usuário para que preenchesse as seguintes informações: nome, idade, sexo, há quanto tempo sabe libras, qual a frequência com que utiliza a libras (dias/mês), fluência em outras línguas, se é surdo e caso afirmativo, a idade em que ficou surdo.

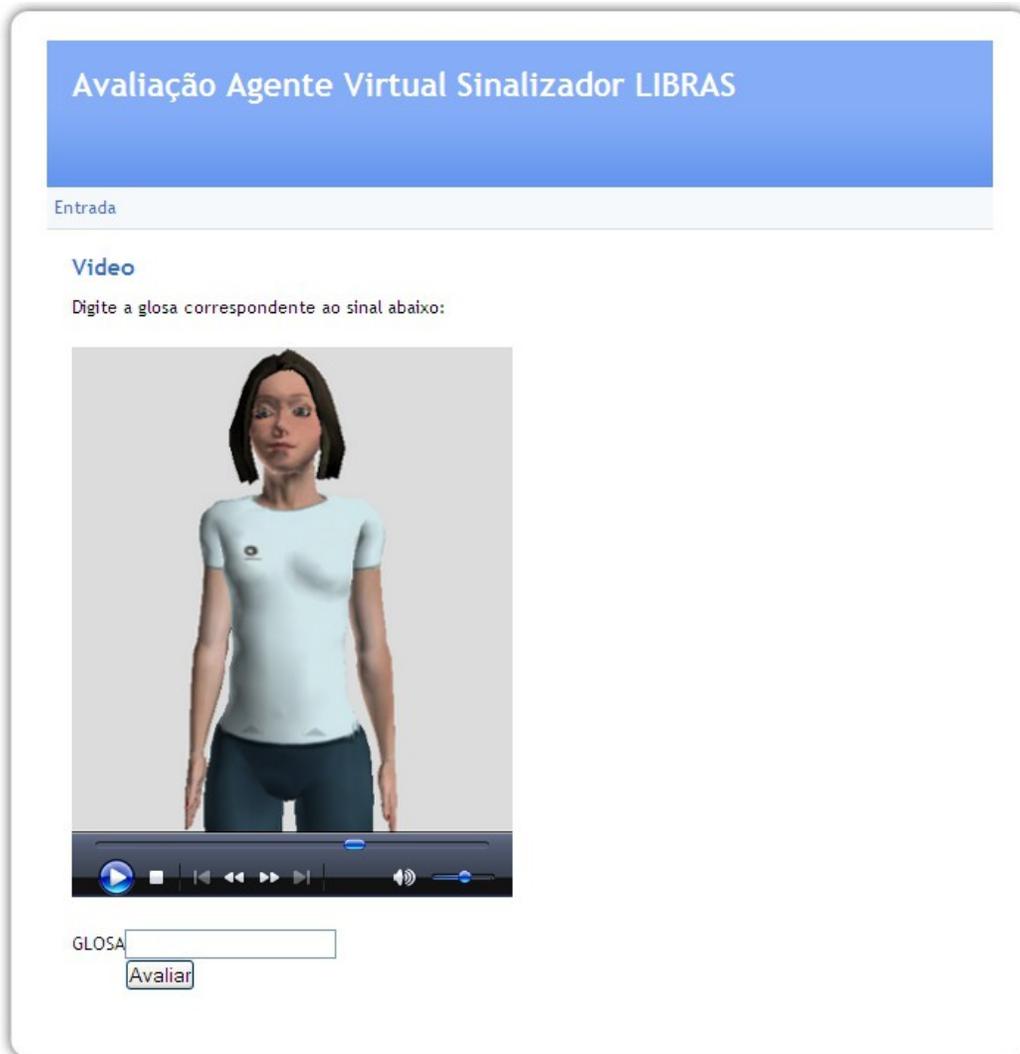
Após o cadastro o participante visualizava uma lista de trinta e oito links, numeradas sequencialmente, como: Vídeo 1, Vídeo 2, Vídeo 3, ..., Vídeo 38. Ao clicar em cada um dos links, era exibido um dos vídeos da base de dados de teste. A lista de sinais era embaralhada para cada novo participante do teste, com o objetivo de evitar que a ordem com a qual os sinais eram exibidos interferisse no resultado da avaliação. A ferramenta de software utilizada para o teste garantia que cada vídeo era exibido apenas uma única vez. Sempre os primeiros vinte vídeos eram as sinalizações geradas com o sinalizador virtual, e os demais eram os vídeos om o intérprete real.

As sinalizações virtuais foram exibidas antes dos vídeos reais para que o participante não inferisse o significado de uma sinalização virtual se já tivesse visto o vídeo do mesmo sinal, articulado pelo intérprete real.

Para não condicionar o teste, nenhuma opção de resposta foi oferecida. A tela de avaliação exibia apenas o vídeo do sinal, real ou virtual, e uma caixa de texto, para que o participante digitasse a palavra em português correspondente à glosa do sinal reproduzido. Com isso, após a

realização do teste, uma análise dos resultados foi requerida para agrupar respostas semelhantes como “andar” e “caminhar” e excluir a possibilidade de erros de digitação.

A Figura 6.2 mostra a tela utilizada para a apresentação do material de teste.



**Figura 6.2: Tela da ferramenta utilizada para o teste de inteligibilidade do sinalizador virtual**

Os participantes foram encorajados a indicar o significado do sinal mesmo quando não tinham certeza absoluta de qual sinal estava sendo articulado. No entanto a opção de deixar uma

avaliação em branco, sem preenchimento, foi disponibilizada aos participantes. Porém, não foi oferecida ao participante a opção de reavaliar um sinal. Os sinais foram avaliados assim que visualizados. Dessa forma, mesmo quando o usuário optou por não avaliar o sinal e deixar o campo em branco, ele não pôde voltar atrás e avaliar o sinal posteriormente.

## 6.4 Sobre os participantes

O teste de inteligibilidade do sinalizador para a sinalização dos sinais contou com a participação de 33 pessoas, sendo 16 participantes surdos e 17 ouvintes, todos fluentes em libras e que declararam utilizar língua de sinais em seu cotidiano.

Houve dificuldade para encontrar pessoas com fluência em libras dispostas a realizar o teste. Para atingir um número razoável de participantes e com isso obter resultados estatisticamente representativos, foram realizados testes com pessoas de diferentes locais:

- Faculdade de Educação (FE) da Unicamp, com os alunos surdos e ouvintes dos cursos de bacharelado e licenciatura do Letras Libras.
- Centro de Estudos e Pesquisas em Reabilitação (CEPRE) da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp (FCM), com os deficientes auditivos atendidos pelos programas de aprimoramento oferecidos pelo centro.
- Núcleo de fonoaudiologia da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), por intérpretes.
- Faculdade de Americana (FAM) e Faculdade Comunitária (FAC) de Santa Bárbara d'Oeste, por intérpretes e professores de libras.

O teste foi realizado com participantes de diferentes idades, na faixa etária de 12 a 35 anos. Como todo projeto de pesquisa que envolve participação de seres humanos necessita de aprovação por parte de um comitê de ética, este projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em

Pesquisa (CEP) da FCM/Unicamp, cujo parecer de aprovação consta no Apêndice IV. Os participantes preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) que consta no Apêndice V.

Para o teste de configuração de mão e de enunciados os participantes foram especialistas e intérpretes da libras, entre eles:

- Intérprete e fonoaudióloga do Núcleo de fonoaudiologia da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).
- Professor da FFLCH/USP.
- Aluno de doutorado de lingüística do IEL/Unicamp.
- Professor de libras da Faculdade Comunitária (FAC) de Santa Bárbara d'Oeste.
- Professor de libras da FE/Unicamp.

## **6.5 Resultados**

### **6.5.1 Avaliação das configurações de mão**

Com o objetivo de avaliar a transcrição das configurações de mão e sua consequente sinalização, foi gerada uma instância de teste com trinta e cinco vídeos contendo as sinalizações de todas as letras do alfabeto e os números de um a nove.

Estes vídeos foram exibidos a especialistas em linguística e língua de sinais, e foi solicitado aos participantes que digitassem a letra ou número correspondente à sinalização. Da mesma maneira que o teste com os sinais, as letras e números foram embaralhadas entre si, sem distinção do que era letra e do que era número.

Três intérpretes avaliaram as configurações de mão. Em todos os testes as configurações de mão foram corretamente avaliadas, mostrando a eficácia da transcrição de configuração de mão proposta neste trabalho.

### 6.5.2 Avaliação de sinais

A Figura 6.3 apresenta o resultado do teste de inteligibilidade do sinalizador virtual para os sinais da libras testados, com a taxa de acertos e erros da avaliação de cada sinalização. À esquerda aparece o nome do sinal, seguido pelo número total de erros (em claro) e de acertos (em escuro).

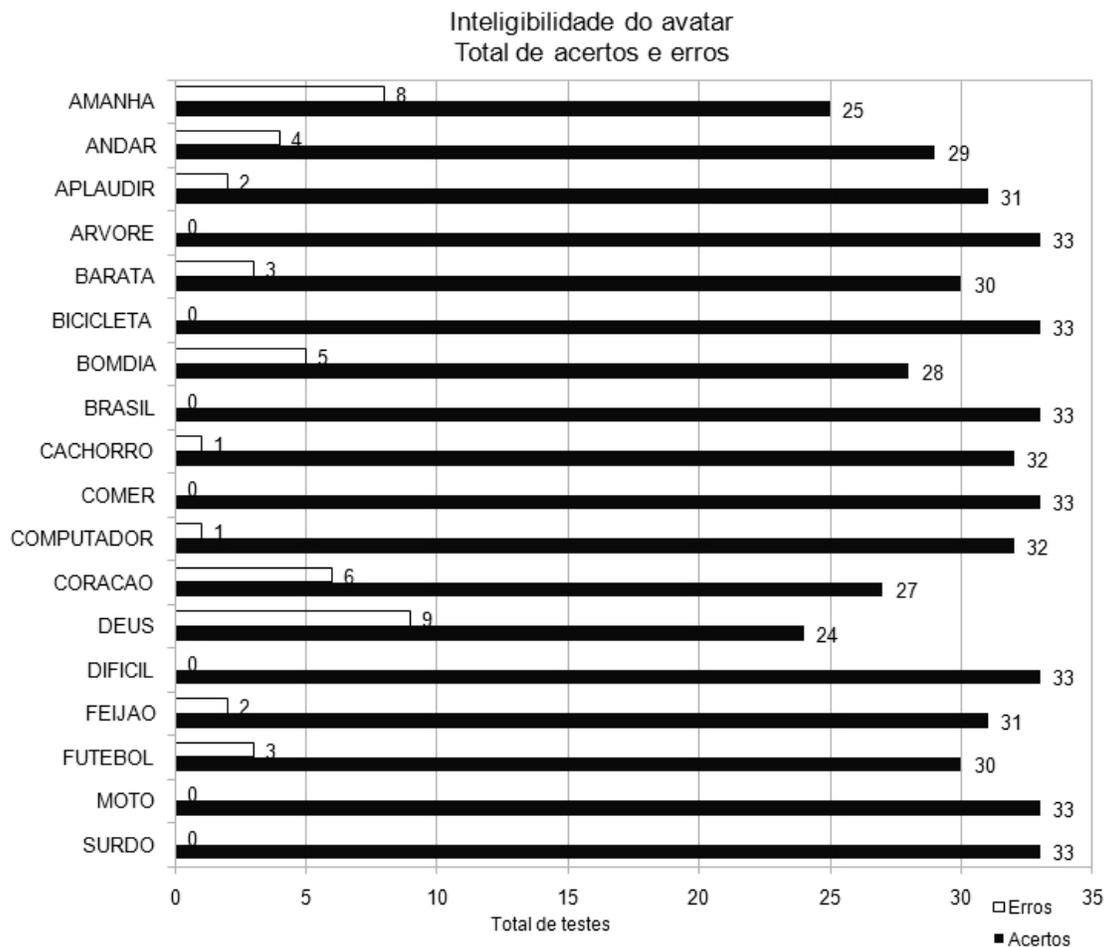
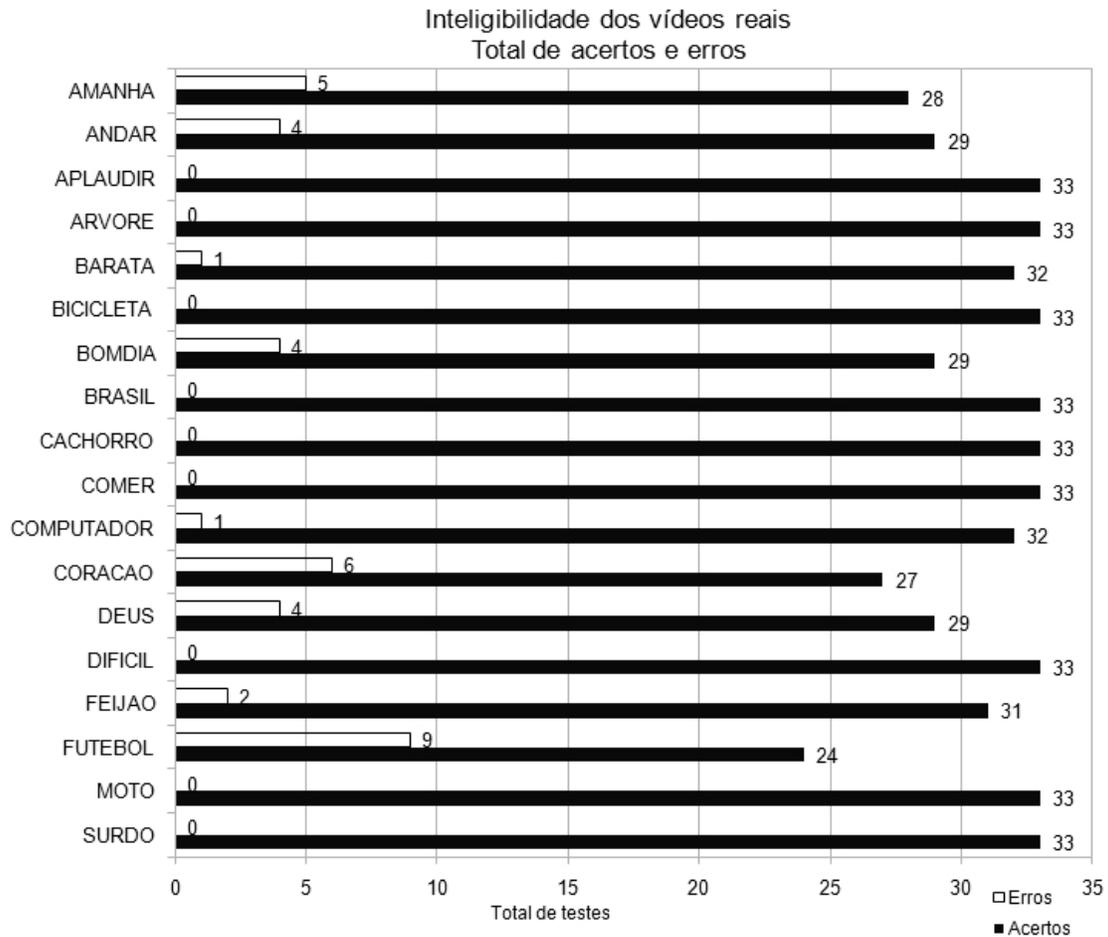


Figura 6.3: Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade do avatar

A Figura 6.4 apresenta o resultado do teste de inteligibilidade dos vídeos reais, com a taxa de acertos e erros da avaliação de cada sinal articulado pelo avatar. À esquerda aparece o nome do sinal, seguido pelo número total de erros (em claro) e de acertos (em escuro).

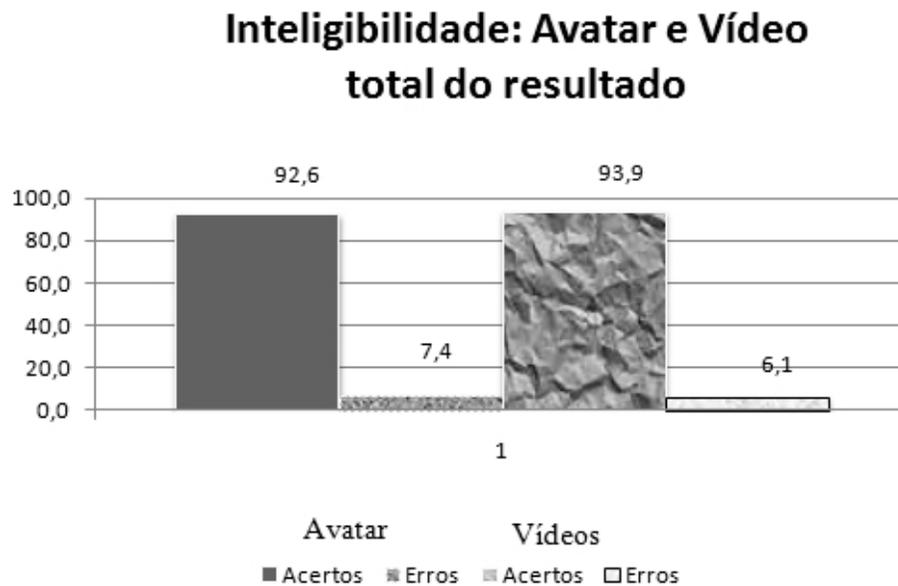


**Figura 6.4:** Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade dos vídeos reais

Analisando os resultados ilustrados nas Figura 6.3 e Figura 6.4 é possível inferir que na maioria dos sinais a taxa de acerto da avaliação do avatar foi semelhante à taxa de acerto do vídeo real do mesmo sinal. Alguns erros ocorreram tanto na avaliação do avatar como na avaliação do vídeo real, casos em que o participante desconhecia o sinal e não conseguiu portanto acertar o

significado nem no avatar nem no vídeo real. E houve um caso, do sinal FUTEBOL, que alguns participantes reconheceram o sinal feito pelo avatar mas não reconheceram o vídeo real, confundindo-o com o sinal ARROZ, que é semelhante.

Num total de 18 sinais testados, e 33 participantes do teste, cada sinal foi testado 33 vezes, resultando num total de 594 testes. A Figura 6.5 ilustra este somatório de acertos e erros para todos os sinais testados, em percentagem, para o avatar e para os vídeos reais.



**Figura 6.5: Percentagem de acertos e erros no teste de legibilidade do sinalizador virtual.**

A partir dos resultados ilustrados na Figura 6.5 é possível afirmar que o sinalizador virtual apresentou no teste realizado, em 92,6 por cento dos sinais, uma sinalização inteligível para fluentes em libras. A taxa de acerto para os mesmos sinais, com os mesmos participantes, foi de 93,9 por cento de correto entendimento para os vídeos reais. Portanto o sinalizador virtual apresentou uma diferença na inteligibilidade de pouco mais de um por cento, para menos, quando comparado com o sinalizador real.

Os resultados das Figuras 6.3 e 6.4 foram normalizados, como ilustra a Tabela 6.1. As colunas “Acertos Vídeos” e “Acertos Avatar” indicam a quantidade de acertos normalizada entre 1 (100% de acerto) e 0 (nenhum acerto), para os sinais articulados pela pessoa real e pelo avatar, respectivamente. A última linha apresenta a taxa média de acertos das duas amostras.

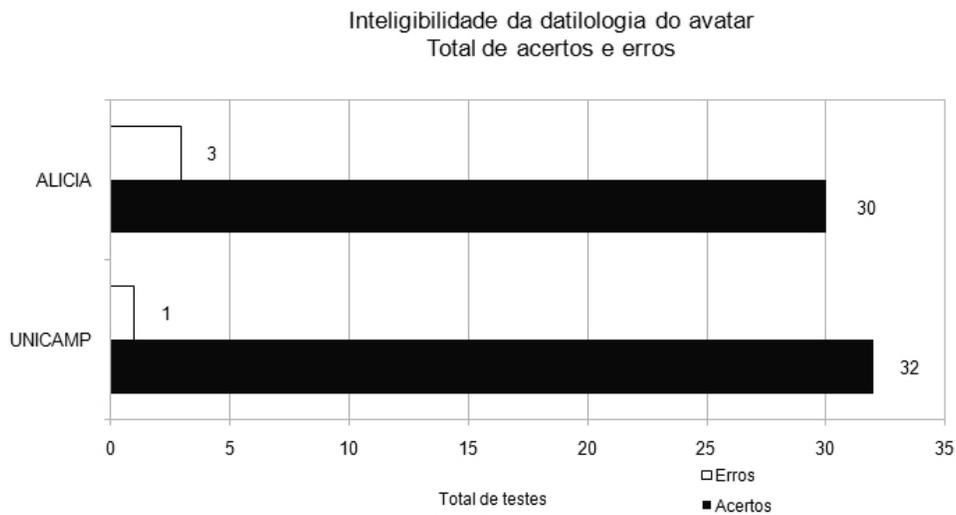
Sinal	Acertos Vídeos	Acertos Avatar
1	0.8485	0.7576
2	0.8788	0.8788
3	1	0.9394
4	1	1
5	0.9697	0.9091
6	1	1
7	0.8788	0.8485
8	1	1
9	1	0.9697
10	1	1
11	0.9697	0.9697
12	0.8182	0.8182
13	0.8788	0.7273
14	1	1
15	0.9394	0.9394
16	0.7273	0.9091
17	1	1
18	1	1
Média de Acertos	0.9394	0.9259

**Tabela 6.1: Resultados normalizados do teste de inteligibilidade**

Adicionalmente, foi feita uma análise não paramétrica de *Mann Whitney* para avaliar a hipótese de que  $\mu_v = \mu_a$ , onde  $\mu_v$  equivale a taxa de acertos para os vídeos e  $\mu_a$  a taxa de acertos

para o avatar. O objetivo é investigar se as diferenças observadas entre as duas amostras são estatisticamente significantes. Na análise realizada, o resultado obtido foi de  $W = 178.5$  e  $p\text{-value} = 0.5954$ . Ou seja, estatisticamente não há razões para afirmar que haja uma diferença entre as percentagens.

A Figura 6.6 ilustra o resultado do teste de inteligibilidade das datilologias do avatar.



**Figura 6.6: Taxa de acertos e erros no teste de legibilidade das datilologias do avatar**

Analisando a Figura 6.6 tem-se que, de 33 participantes, 32 conseguiram entender a datilologia UNICAMP e 30 conseguiram entender ALICIA. Normalizando os resultados, temos uma taxa de acerto de 0.9394 das datilologias articuladas pelo avatar, o que equivale a 93 por cento de acerto.

### 6.5.3 Avaliação de enunciados

O objetivo deste trabalho foi o de propor um sistema de transcrição dos sinais da libras. No entanto, com o intuito de testar a sinalização contextualizada dos sinais foi gerada uma instância do teste para enunciados da libras.

Para elaborar o teste foi sintetizada uma animação inspirada no artigo de McCLeary & Viotti, 2007), no qual os autores transcrevem parte de uma narrativa em vídeo conhecida como “A História da Pera”. No referido artigo os autores descrevem um modelo de transcrição em andamento que registra a temporalidade de eventos que ocorrem simultaneamente. Mais precisamente, os autores descrevem que para ações que ocorrem simultaneamente na narrativa existe a manutenção da mão não-dominante realizando parte de um sinal, enquanto a mão dominante realiza outras sinalizações.

A narrativa de McCLeary & Viotti (2007) é um excelente exemplo para testar a parametrização de sinais em sua forma de “dicionário”, conforme descrito no Capítulo 4, para sua contextualização em uma narrativa. Dessa maneira, foi gerado o seguinte enunciado:

M-A-R-I-A CHAPEU PERDER. BICICLETA CHAPEU\_CAIR\_CABEÇA

Foi articulada a datilologia de MARIA, em seguida o sinal CHAPEU seguido do sinal PERDER. A mão voltou à posição de repouso. Em seguida foi articulado o sinal BICICLETA seguido por um sinal de tirar o chapéu da cabeça, porém com a mão esquerda mantida na posição em que estava quando articulava o sinal anterior, bicicleta. Dessa forma, procurou-se transmitir o sentimento de simultaneidade dos acontecimentos, ou seja, maria perdeu o chapéu *enquanto* andava de bicicleta.

O enunciado gerado foi exibida a quatro especialistas da libras, entre intérpretes, fonoaudiólogos e professores de libras, que utilizam a língua de sinais em seu cotidiano. Os participantes foram convidados a opinar sobre a sinalização gerada. O participante 1 teve o seguinte entendimento do enunciado:

M-A-R-I-A	COLOCA_CHAPEU_NA_CABEÇA	????
ANDA_DE_BICICLETA	CHAPEU_CAI_DA_CABEÇA	

O participante 1 entendeu a datilologia e os sinais, porém não conseguiu identificar o significado do sinal perder, indicado no quadro acima com as interrogações. O participante ainda fez observações importantes quanto ao posicionamento do avatar. No caso desta narrativa por exemplo, o participante observou que para ele não ficou claro quem está pondo o chapéu e quem está andando de bicicleta, porque o avatar está sempre com postura de narrador: “*Evidentemente, não é o narrador que põe o chapéu e anda de bicicleta. Deve ser algum personagem sobre o qual o narrador está falando.*” Em uma narrativa maior, primeiro os personagens da história são contextualizados. Geralmente escolhe-se um ponto de localização para identificar o personagem 1, outro ponto de localização diferente para posicionar o personagem 2, assim por diante. Dessa forma, antes de sinalizar ações do personagem 1, o narrador coloca-se na posição que, no contexto, está indicando a posição deste personagem.

O participante 2 teve o seguinte entendimento do enunciado:

MARIA PERDEU O CAPACETE ANDANDO DE BICICLETA
--

Dessa vez o participante entendeu corretamente o sentido do enunciado, embora tenha trocado a palavra chapéu pelo similar capacete.

O participante 3 teve o seguinte entendimento:

MÁRCIA VEIO ESTUDAR HOJE DE BICICLETA ????

O participante observou que não conseguiu entender a sinalização do sinal PERDER, e o significado do enunciado como um todo tornou-se sem sentido para ele.

O quarto e último participante observou que já conhecia a história da pera, portanto reconheceu a sinalização corretamente.

Todos os participantes observaram que para um melhor entendimento faz-se necessária uma narração maior, e não apenas uma frase isolada. Com mais elementos contextualizadores ficaria mais fácil inferir o significado de um fragmento de sinalização do que se este fragmento estiver isolado, sem início ou fim.

## **6.6 Considerações Finais**

O objetivo principal dos testes realizados foi avaliar a sinalização de sinais da libras descritos com o sistema de transcrição proposto e articulados com um personagem virtual.

Na inteligibilidade de sinais isolados o sinalizador virtual apresentou uma diferença de cinco por cento, para menos, quando comparado com o vídeo do intérprete real. Essa diferença é considerada como um resultado positivo, pois mostra que a grande maioria dos sinais foi interpretada corretamente pelos participantes, sugerindo a eficácia do sistema de transcrição proposto para a sinalização virtual de sinais da libras.

A avaliação de datilologias também foi bem sucedida, uma vez que todas as letras do alfabeto e os numerais foram corretamente interpretados pelos participantes do teste, comprovando ser satisfatória a transcrição de configuração de mão proposta neste trabalho.

O teste de inteligibilidade do avatar para a sinalização de enunciados contou com quatro participantes, sendo que somente um dos participantes que declarou não conhecer a história

conseguiu inferir o significado da sinalização. É importante notar que para a sinalização de enunciados a contextualização é indispensável, assim como a incorporação de detalhes como, por exemplo, a sinalização de aspectos não manuais, como expressões corporais, movimentos de tronco e expressões faciais.

Os resultados obtidos são importantes referenciais para a avaliação de futuras versões do sistema de transcrição e também do sinalizador virtual. É importante observar que o teste aplicado neste trabalho não considerou aspectos importantes relacionados à naturalidade da sinalização, como movimentos articulatórios da boca ou movimentos fisiológicos da face, tronco e membros. Estes aspectos são relevantes para tornar o sinalizador virtual mais amigável e aumentar a inteligibilidade dos sinais, e deverão ser considerados em trabalhos futuros.



## Capítulo 7

### Conclusões e trabalhos futuros

Agentes virtuais são recursos computacionais com aplicações em diferentes áreas e que auxiliam o usuário em tarefas do cotidiano, aprimorando a interface humano-computador de diversas aplicações.

O presente trabalho oferece um sistema de transcrição para ser utilizado para animar agentes virtuais sinalizadores de língua de sinais. Com o uso de agentes virtuais sinalizadores é possível aumentar a acessibilidade de portadores de deficiência auditiva, auxiliando a inclusão destes usuários não só em ambientes digitais, mas também facilitando o acesso de modo geral a vários tipos de conteúdo. Agentes virtuais sinalizadores podem ser utilizados, por exemplo, em educação, entretenimento, comunicação pessoal, utilização de recursos computacionais, navegação na web, apresentação de notícias, enfim, na criação, disponibilização e utilização de forma ágil e prática de conteúdo em língua de sinais.

Os focos principais deste trabalho foram a criação de um sistema de transcrição de língua de sinais para fins computacionais e a criação de uma ferramenta computacional que utiliza o sistema de transcrição para criar conteúdo em libras, a língua brasileira de sinais.

O sistema de transcrição descreve os sinais através de suas unidades mínimas distintivas, ou seja, de características como configuração de mão, orientação da palma, localização das mãos e movimento, por exemplo, características pelas quais é possível diferenciar os sinais entre si. O sistema representa ainda um primeiro passo em direção a criação de um sistema de transcrição de conteúdo em língua de sinais, permitindo a parametrização de sinais. Nesse sentido, o sistema prevê, por exemplo, conjugação verbal, concordância de gênero, número e grau, entre outras particularidades gramaticais das línguas de sinais.

O personagem virtual construído para o trabalho representa uma figura humana com características realistas. O programa carrega o personagem virtual, processa os sinais descritos

em arquivos XML, e gera a sinalização correspondente em língua de sinais manipulando as juntas do esqueleto de controle do modelo. A interface tridimensional do programa permite ao usuário ter controle sobre a visualização, como afastar, aproximar, rotacionar e mover a câmera, acelerar, desacelerar ou parar o movimento e repetir a sinalização.

A principal contribuição deste trabalho é a proposta de um sistema de transcrição das línguas de sinais para fins computacionais. A descrição de uma língua de sinais não é tarefa trivial. Mesmo entre os linguístas da área não existe um consenso sobre quais características são necessárias e suficientes para a descrição de um sinal sendo que, até o presente momento, não há uma notação universalmente aceita e utilizada para tal propósito. Mesmo com o uso das notações já existentes, para o entendimento inequívoco de como reproduzir os sinais faz-se necessária a utilização de outras fontes de informações, como imagens e anotações adicionais. Dessa forma, o sistema de transcrição proposto neste trabalho torna-se ferramenta importante de estudo e pesquisa também para os linguístas das línguas de sinais.

O sistema aqui proposto descreve explicitamente informações que estão implícitas nas outras notações existentes. As informações são descritas textualmente, em contraste com as notações icônicas/imagéticas. Entre as informações descritas no sistema de transcrição proposto neste trabalho, é importante destacar as seguintes:

- simultaneidade e sequencialidade de ações
- contextualização e parametrização de sinais
- expressões não manuais, como faciais e corporais
- configuração de mão
- velocidade de movimento
- repetição de movimento
- dinâmica de movimento
- pontos de localização no espaço tridimensional de um ponto de vista geométrico
- valores de rotação das juntas do esqueleto do modelo virtual necessários para gerar animação em língua de sinais
- notação textual.
- descrição de sinais compostos

- descrição de condição de simetria das mãos

Como trabalhos futuros é possível antecipar que juntamente com as áreas de animação facial e inteligência artificial, o presente trabalho é essencial para a obtenção de personagens virtuais sinalizadores cada vez mais realistas. Incorporando ainda a síntese de fala é possível reproduzir os sons correspondentes em uma língua oral ao mesmo tempo em que está sendo articulado o sinal pelo avatar.

Outro trabalho futuro é investigar o uso de cinemática inversa para o posicionamento das mãos no espaço tridimensional de sinalização.

Com a utilização de tecnologias já existentes de reconhecimento de fala é possível aumentar ainda mais a gama de aplicações do sistema, uma vez que sua entrada pode ser realizada oralmente, via voz. Ou melhor, o usuário não precisa digitar os dados de entrada, sendo que através da fala ele diz em voz alta a sinalização que deseja gerar com o avatar.

Com o reconhecimento de imagens e vídeos é possível criar ferramentas de captura que estabeleçam a comunicação total do deficiente auditivo com o sistema, utilizando apenas língua de sinais. É possível utilizar o sistema proposto em conjunto com mecanismos de captura de vídeos que registre como entrada uma sinalização em libras de uma pessoa real em frente à uma câmera e gere uma resposta, também sinalizada em libras, através do avatar. Dessa forma é possível estabelecer uma comunicação direta libras-libras entre usuário e computador, por exemplo.

Entre as possíveis extensões deste trabalho estão ainda o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis e TV digital. O sistema de transcrição proposto pode ser utilizado para o desenvolvimento de sistemas que substituam o *closed caption* dos televisores atuais, uma vez que já foi discutida a ineficácia de tal sistema para aumentar a acessibilidade dos surdos ao conteúdo, por se tratar de material escrito.

Outra interessante extensão ao presente trabalho é implementar um programa de computador para gerar os arquivos de transcrição automaticamente. Para o propósito de prova de conceito, os arquivos transcritos foram implementados em XML. É um interessante trabalho futuro um programa que auxilie o usuário nesta tarefa, gerando automaticamente e de maneira visual os arquivos XML descritivos dos sinais.

Como extensão a esse trabalho temos também a avaliação do sistema de transcrição quanto à capacidade de descrição de sinais em outras línguas além da libras, como a língua de sinais americana ASL, por exemplo. Uma vez que os sinais são constituídos de movimentos das mesmas juntas do corpo, é provável que o sistema de transcrição possa ser utilizado para descrever conteúdo em qualquer língua de sinais, além da libras. No entanto, testes adicionais seriam necessários para avaliar o uso do sistema de transcrição com outras línguas de sinais.

Outra interessante contribuição do presente trabalho para pesquisas futuras é oferecer um mecanismo para a criação de sistemas de tradução, que em tempo real transformem qualquer língua escrita, como por exemplo o português, em libras, para a posterior reprodução computacional de conteúdo sinalizado. Uma vez que os softwares de tradução existentes ainda possuem lacunas significativas mesmo entre duas línguas escritas (ou seja, a tradução de textos inglês – português por exemplo ainda não é completamente satisfatória) um sistema de tradução português - libras é uma interessante linha de pesquisa futura a este trabalho.

As contribuições adicionais do presente trabalho são:

- publicação de quatro artigos em congressos, sendo um nacional e três internacionais, nos Estados Unidos e Espanha.
- apresentação em dois eventos internos no departamento, o EADCA.
- um pedido de patente foi depositado junto ao INPI quanto ao sistema de transcrição proposto apresentado nos Capítulos 3 e 4.
- um pedido de registro de programa de computador foi depositado junto ao INPI quanto à implementação do sistema, apresentada no Capítulo 5.
- três notícias em sites de cunho acadêmico: revista FAPESP (<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/03/29/conversor-de-textos-para-libras/>), revista ComCiencia (<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=3&noticia=744>) e Jornal da Unicamp (<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/526/comunica%C3%A7%C3%A3o-estabelecida>), com diversas repercussões em portais de notícias, blogs e redes sociais.
- quatro entrevistas para a televisão, uma exibida no Jornal Nacional no dia 23/06/2012 (<http://www.youtube.com/watch?v=UTXav54Q3HQ>), uma para a UniverspTV (<http://www.youtube.com/watch?v=gdGqzws-M-0>) uma para a RTV da Unicamp

(<http://www.rtv.unicamp.br/webtv/?vd=414>) e uma para a TV cultura, que ainda não foi publicada até a presente data.

- o trabalho foi proposto e escolhido por uma das equipes do Desafio Unicamp, onde grupos de alunos de graduação da Unicamp procuram conceber um negócio visando o licenciamento da tecnologia.



# Referências bibliográficas

- Amaral, W. M., Angare, L. & De Martino, J. M. (2011). Sign Language 3D Virtual Agent. *International Conference on Education and Information Systems, Technologies and Applications* (EISTA 2011). Florida, USA.
- Amaral, W. M., Angare, L., Bezerra, J., De Martino & J. M., Franchi Jr, G. O. (2011). Agente Virtual 3D Sinalizador libras. *VI Congreso Iberoamericano Sobre Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad* (Iberdiscap 2011). Espanha.
- Amaral, W. M. & De Martino, J. M. Towards a Transcription System of Sign Language for 3D Virtual Agents. *In: Tarek Sobh, Khaled Elleithy. (Org.).* <http://www.springer.com/computer/swe/book/978-90-481-9111-6>. Bridgeport: Springer, 2010, v. 1, p. 85-90.
- Amaral, W. M. & De Martino, J. M. Modelo de transcrição da Língua de Sinais Brasileira voltado a implementação de agentes virtuais sinalizadores, *Interaction 09 | South América*. São Paulo, 2009.
- Arafa, Y., Kamyab, K., Mamdani, E., Kshirsagar, S., Magnenat-Thalmann, N., Guye-vuillème, A. & Thalmann, D. (2002). Two Approaches to Scripting Character Animation. *Proc. of the AAMAS Workshop on "Embodied conversational agents – Let's specify and evaluate them!"*. Bologna, Italy.
- Arafa, Y., Kamyab, K. & Mamdani, E. (2003) Character animation scripting languages: a comparison. *International Conference on Autonomous Agents*. Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems.
- Arafa, Y. & Mamdani, A. (2003) Scripting embodied agents behaviour with CML: character markup language. *International Conference on Intelligent User Interfaces*. Proceedings of the 8th international conference on intelligent user interfaces.
- Awad, , C., Courty, N., Duarte, K., Naour, T. & Gibet, S. (2009). A Combined Semantic and Motion Capture Database for Real-Time Sign Language Synthesis. *IVA '09 Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg
- Backus, J.W. (1959). "The syntax and semantics of the proposed international algebraic language of the Zurich ACM-GAMM Conference". *Proceedings of the International Conference on Information Processing*. UNESCO. p. 125–132

## Referências bibliográficas

---

- Battison, R. (1974) Phonological deletion in American Sign Language. *Sign Language Studies*, p 1–19.
- Battison, R. (2000) *Linguistics of American Sign Language: An introduction*. Washington, DC: Clerc Books: Gallaudet University Press.
- Bergman, B. (1979). *Signed Swedish*. Stockholm: National Swedish Board of Education and Liber UtbildingsFörlaget.
- Brito, L. F. (1995). *Por uma gramática da língua de Sinais*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1995.
- Capovilla, F. C., Raphael, W. D. & Mauricio, A. D. L. (2009) *Novo Deit-libras: Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilingue da Língua de Sinais Brasileira (libras)*. EDUSP.
- Censo Demográfico (2010). *Características Gerais da População: Resultados da Amostra*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Caracteristicas\\_Gerais\\_Religiao\\_Deficiencia/tab1\\_3.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Caracteristicas_Gerais_Religiao_Deficiencia/tab1_3.pdf). Acessado em: 19/07/2012.
- Chan-Vianna, A.C. (2003). *Aquisição de português por surdos: Estruturas de posse*. Dissertação de mestrado, UnB.
- Cohen, E., Schlesinger, I. M. & Namir, L. (1977). *A new dictionary of sign language employing the Eshkol-Wachmann movement notation system*. Paris: Mouton.
- Corazza, S. (1990). *The morphology of classifier handshapes in Italian Sign Language*. In Ceil Lucas (ed.), *Sign language research. Theoretical issues*. Washington, DC: Gallaudet University press.
- Cordeiro, A. (1998). *Nota-Anna: A escrita eletrônica dos movimentos do corpo baseada no método Laban*. São Paulo: Annablume/Fapesp.
- Darwin, C. & Ekman, P. (2009) *The expression of the emotions in man and animals*. Anniversary Edition, Oxford University Press.
- Ekman, P., Friesen, W. V. (2003). *Unmasking the face: a guide to recognizing emotions from facial expressions*. Malor Books.

- Farnell, B. (1990). *Plains Indian sign talk: action and discourse among the Nakota (Assiniboine) people of Montana*. Doctoral dissertation, Indiana University.
- Felipe, T. (2002) Sistema de Flexão Verbal na LIBRAS: Os classificadores enquanto marcadores de flexão de gênero. *Anais do Congresso Surdez e Pós-Modernidade: Novos rumos para a educação brasileira - 1º. Congresso Internacional do INES. 7º. Seminário Nacional do INES*. Rio de Janeiro: INES, Divisão de estudos e Pesquisas. 2002: 37-58.
- Felipe, T. (1997). *A. Introdução à Gramática de LIBRAS* - Rio de Janeiro: 1997.
- Felipe, T. (1988). *O signo gestual-visual e sua estrutura frasal na língua dos sinais dos centros urbanos do Brasil (LSCB)*. Dissertação de mestrado, UFPE.
- Finau, R. (2004). *Os sinais de tempo e aspecto na Libras*. Tese de doutorado, UFPR.
- Friedman, L. (1975) *Phonological deletion in American Sign Language*. Sign Language Studies.
- Friedman, L. (1976). *Phonology of a soundless language: Phonological structure of the American Sign Language*. Doctoral dissertation, University of California, Berkeley.
- Guest, A. H & Kolff, J. (2002) *Hands, Fingers*. Princeton Book Co Pub. Minneapolis, MN, USA
- Guest, A.H. (2005) *Labanotation: The System of Analyzing and Recording Movement*. Routledge, 4 ed. New York.
- Guimarães, B. H. (2002). Um sistema gráfico para modelagem de animações em Labanotation. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Artes / Unicamp.
- Jouison, P. (1990). Analysis and linear transcription of sign language discourse. In Siegmund Prillwitz and Thomas Vollhaber (eds.), Current trends in European sign language research. *Proceedings of the 3rd European Congress on Sign Language Research*. Hamburg: Signum-Verlag, 337-353.
- Kennaway, R.J. (2004) Experience with and requirements for a gesture description language for synthetic animation. *Lecture Notes in Computer Science* 2915 300-311.
- Kennaway, J. R., Glauert, J. R.W., & Zwitserlood, I. (2007). Providing signed content on the internet by synthesized animation. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 14, 3, Article 15.
- Klima, E. & Bellugi, U. (1979) *The signs of language*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 432 p.

## Referências bibliográficas

---

- Kshirsagar, S., Magnenat-Thalman, N., Guye-Vuillème, A., Thalmann, D., Kamyab, K & Mamdani, E. (2002) Avatar Markup Language. *ACM International Conference Proceeding Series*; Vol. 23. Proceedings of the workshop on Virtual environments.
- Kyle, J. & Woll, B. (1985). *Sign language. The study of deaf people and their language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Laban, Rudolf (1978). *Domínio do movimento*. Edição organizada por Lisa Ullmann. Summus Editorial. 268 pag.
- Leite, T. A (2008) *A segmentação da língua de sinais brasileira (libras): Um estudo lingüístico descritivo a partir da conversação espontânea entre surdos*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, SP, 280p.
- Liddell, S. K. (1978) Nonmanual signals and relative clauses in American Sign Language. In: P. Siple, P. (Ed.). *Understanding language through sign language research*. New York: Academic Press., p 59–90.
- Liddell, S. K (1984). *THINK and BELIEVE: Sequentiality. in American Sign Language*. Language., 60:372–99.
- Liddell, S. K. & Johnson, R. E. (1989). American Sign Language: the phonological base. *Sign Language Studies*.,64:195–278.
- Liddell, S. K. 2003. *Grammar, Gesture, and Meaning in American Sign Language*. UK: Cambridge U. Press.
- Lu, P. & Huenerfauth, M.. 2011. Synthesizing American Sign Language Spatially Inflected Verbs from Motion-Capture Data. *Second International Workshop on Sign Language Translation and Avatar Technology (SLTAT)*, in conjunction with ASSETS 2011, Dundee, Scotland.
- Mandel, M. (1981). *Phonotactics and morphophonology in American Sign Language*. Doctoral dissertation, University of California, Berkeley.
- Marshall, I. & Safar, E. (2005) Grammar development for sign language avatar based synthesis. *In Proc. of the 3rd International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction (UAHCI 2005)*, Las Vegas.

- McCleary, L. & Viotti, E.(2007) Transcrição de dados de uma língua sinalizada: um estudo piloto da transcrição de narrativas na língua de sinais brasileira (LSB). In H.Salles (Org) *Bilinguismo dos surdos: questões lingüísticas e educacionais*. Goiânia: Cãnone Editorial, 2007, v. , p. 73-96.
- McFarlane, B. (2010) *Notes on Anatomy and Physiology: The Elbow-Forearm Complex*. Acessado em 10/06/2012, disponível em: <http://ittcs.wordpress.com/2010/10/15/notes-on-anatomy-and-physiology-the-elbow-forearm-complex/>
- Miller, C. (1994). A note on notation. *Sign Post*: v. 7(3), 191-202. Durham: University of Durham.
- Moreira, R. L. (2008) *Uma Descrição da Dêixis de Pessoa na Língua de Sinais Brasileira (LSB): Pronomes Pessoais e Verbos Indicadores*. 2008. 150f. Dissertação de mestrado – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nader, J. M. V. (2011) *Aquisição tardia de uma língua e seus efeitos sobre o desenvolvimento cognitivo dos surdos*. Dissertação de mestrado, Instituto de Estudos da Linguagem, Unicamp, Campinas, SP.
- Pimenta, N. & Quadros, R. M. (2006) *Curso de libras I, LSBVideo*. Rio de Janeiro.
- Prillwitz, S., Leven, R., Zienert, H., Hanke, T., Henning, J & Colleagues. (1989) HamNoSys Version 2.0: Hamburg Notation System for Sign Languages:An Introductory Guide. *International Studies on Sign Language and the Communication of the Deaf* 5, 195-278.
- Richer, P. & Hale, R. B. (1971). *Artistic Anatomy*. Watson-Guptill publications, New York.
- Santos, F.M, Watanabe, E.T. & Carrata, V. (2006) Estudo da cinemática inversa aplicada num braço robótico. *Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA*, São José dos Campos, SP, 16-19/outubro.
- Santos, D.V. (2002). *Estudos de línguas de sinais: Um contexto para a análise da língua brasileira de sinais (Libras)*. Tese de doutorado, UFRJ.
- Schermer, T. (1990). *In search of a language. Influences from spoken Dutch on Sign Language of the Netherlands*. Doctoral dissertation, Universiteit van Amsterdam.

## Referências bibliográficas

---

- Stokoe, W.C. (1960) Sign language structure: an outline of the visual communication system of the american deaf. *Studies in Linguistics: Occasional Papers 8*. Buffalo, NY: Buffalo University.
- Stokoe, W. C., Casterline, D & Croneberg, C. (1965). *A dictionary of American Sign Language on linguistic principles*. Silver Spring, Maryland: Linstok Press.
- Strobel, K. L. & Fernandes, S. (1998). *Aspectos linguísticos da libras*. Curitiba: SEED/SUED/DEE. Disponível em: [http://www.feneismg.org.br/doc/Aspectos\\_linguisticos\\_LIBRAS.pdf](http://www.feneismg.org.br/doc/Aspectos_linguisticos_LIBRAS.pdf) Acessado em: 02/06/2012.
- Stumpf, M. R. Sutton, V. *Lições sobre o SignWriting. Tradução Parcial e Adaptação do Inglês/ASL para Português libras do livro “Lessons in SignWriting”, de Valerie Sutton, publicado originalmente pelo DAC – Deaf Action Committe for SignWriting. Disponível em: <<http://www.signwriting.org/archive/docs5/sw0472-BR-Licoes-SignWriting.pdf>> . Acessado em: 01/05/2011.*
- Sutton, V. (1999) Researcher's Resources SignWriting. *Sign Language & Linguistics* Vol. 2, no. 2, John Benjamins, pp. 271–281.
- Wilbur, R.B. (1994). Eyeblinks and ASL phrase structure. *Sign Language Studies*, v.84, p.221-240.
- Xavier, A. N. (2006) *Descrição Fonético-Fonológica dos Sinais da Língua de Sinais Brasileira (libras)*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP.
- Xavier, A. N. & Barbosa, P. A.(2011). A preliminary study on the production of signs in Brazilian Sign Language when one of the manual articulators is unavailable. *In: 12th International Speech Communication Association (ISCA)*, Florença. Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech 2011), p. 645-648.

## Apêndice I – Gramática formal para o sistema de transcrição proposto

Teoria da computação é o ramo da ciência da computação que abrange o estudo de modelos computacionais e busca determinar quais problemas podem ser computados em um dado modelo.

Como os computadores atuais não entendem diretamente a linguagem humana, faz-se necessária a criação de linguagens formais, que sejam estruturadas e não contenham ambiguidades, para garantir que os comandos dados ao computador tenham sempre o mesmo significado independentemente de onde estejam sendo invocados.

As línguas naturais, como o português, possuem em sua representação escrita uma gramática, que indica onde se deve usar preposição, qual a correta concordância verbal e nominal, entre outras regras. De forma análoga, as linguagens de programação possuem uma gramática associada à elas, que define a formação de programas válidos. Por exemplo, se cada comando deve ser seguido de ponto-e-vírgula ou se o tipo de uma variável vem antes ou depois de seu nome.

Portanto, uma gramática é um mecanismo gerador que define a estrutura geral de formação de uma sentença válida para uma linguagem. Através de uma gramática pode-se gerar todas as sentenças da linguagem definida por ela.

Formalmente, na computação gramática é uma quádrupla  $G = (V, T, P, S)$ , onde:

- $V$  é um conjunto finito de símbolos não-terminais ou variáveis;
- $T$  é um conjunto finito de símbolos terminais disjunto de  $V$ ;
- $P$  é um conjunto finito de pares, denominados regras de produção;
- $S$  é um elemento de  $V$ , denominado símbolo inicial ou símbolo de partida.

Este trabalho define de maneira formal o sistema de transcrição proposto baseando-se na notação conhecida como Forma Normal de Backus (BNF). A notação BNF introduz uma forma

de representação textual para descrever gramáticas livres de contexto e foi inicialmente desenvolvida para especificar a linguagem Algol 60, uma das predecessoras da linguagem C. BNF é usada para definir gramáticas onde o lado esquerdo de cada regra é composto por um único símbolo não terminal (Backus, 1959).

Nessa notação, os símbolos não-terminais ou variáveis, conjunto  $V$ , são delimitados por colchetes angulares  $\langle$  e  $\rangle$ . O operador é o símbolo  $::=$  que permite descrever as produções da gramática e indica que a variável à sua esquerda pode ser substituída pelos valores à direita. O operando do lado esquerdo do operador é um símbolo não-terminal e do lado direito, a sua expansão, que pode conter símbolos terminais e não-terminais.

Existem várias extensões e adaptações do formalismo inicialmente proposto por Backus (1959). Um exemplo é o uso de expressões regulares. A seguir serão descritos os operadores utilizados neste trabalho.

O operador  $|$  (ou) permite expressar em uma mesma regra produções alternativas. Por exemplo, a regra:

$$\langle S \rangle ::= A|B$$

equivale às duas regras:

$$\langle S \rangle ::= A$$

$$\langle S \rangle ::= B$$

O operador  $[ ]$  é opcional e permite expressar zero ou uma ocorrência do símbolo especificado. Por exemplo, a regra

$$\langle S \rangle ::= [a]$$

equivale às duas regras:

$$\langle S \rangle ::= \epsilon$$

$$\langle S \rangle ::= a$$

onde  $\epsilon$  representa a string vazia.

O operador  $*$  representa repetição e assim como para expressões regulares, expressa 0 ou mais ocorrências do símbolo. Por exemplo, a regra

$\langle S \rangle ::= *a$

equivale a:

$\langle S \rangle ::= \varepsilon$

$\langle S \rangle ::= a \langle S \rangle$

Assim, a ocorrência do padrão no lado direito de uma produção equivale a:

$\varepsilon \mid a \mid aa \mid aaa \mid \dots$

Para representar repetição com o preenchimento obrigatório da variável, ou seja, relação de um ou mais, por exemplo, utiliza-se um número natural antes do sinal de asterisco. Por exemplo, a regra

$\langle S \rangle ::= 1*a$

equivale a:

$\langle S \rangle ::= a \langle S \rangle$

A palavra VCHAR será utilizada para indicar que a variável pode assumir qualquer valor de caracter, ou seja, é uma string. A palavra VINT e VDECIMAL serão utilizadas, respectivamente, para indicar um valor inteiro e um decimal.

A seguir será apresentada a gramática formal para a descrição dos sinais no sistema de transcrição proposto:

```

<sign> ::= <name> 1* <pose> * <movement> <compounds> * <scripts>
<pose> ::= <dominantHand> [<nondominantHand>] [<face>] [<body>]
<movement> ::= [<space>] [<forearm>] [<hand>] [<wristM>] [<bodyM>] [* <pause>]
<dominantHand> ::= <configuration> [<palmOrientation>] [<wrist>] [<wristDeviation>] [<location>]
<nondominantHand> ::= [<symmetry>] <configuration> [<palmOrientation>] [<wrist>] [<wristDeviation>]
 [<location>]
<face> ::= [<preDefined>] [<forehead>] [<eyebrows>] [<eyes>] [<look>] [<cheeks>] [<nose>] [<mouth>]
 [<tongue>] [<teeth>]
<body> ::= [<headTranslation>] [<headRotationX>] [<headRotationY>] [<headRotationZ>] [<body>]
 [<lShoulder>] [<rShoulder>] [<shoulders>]
<configuration> ::= "a" | "b" | "c" | "d" | "e" | "f" | "g" | "h" | "i" | "j" | "k" | "l" | "m" | "n" | "o" | "p" | "q" | "r" |
"s" | "t" | "u" | "v" | "w" | "x" | "y" | "z" | "0" | "1" | "2" | "3" | "4" | "5" | "6" | "7" | "8" | "9" | "hand1" |
"hand2" | "hand3" | "hand4" | "hand5" | "hand6" | "hand7" | "hand8" | "hand9" | "hand10" | "hand11" |
"hand12" | "hand13" | "hand14" | "hand15" | "hand16" | "hand17" | "hand18" | "hand19" | "hand20" |
"hand21" | "hand22" | "hand23" | "hand24" | "hand25" | "hand26" | "hand27" | "hand28" | "hand29" |
"hand30" | 1*VCHAR
<palmOrientation> ::= "neutral" | "supination" | "pronation" | VINT
    
```

```

<wrist>::="neutral" | "flexion" | "extension" | "relaxedFlexion" | "relaxedExtension" | VINT
<wristDeviation>::="neutral" | "radialDeviation" | "ulnarDeviation" | VINT
<location>::=VINT_VINT_VINT_VINT_VINT
<symmetry>::="true" | "false"
<preDefined>::="angry" | "happy" | "surprise" | "fear" | "disgust" | "sarcasm" | "contempt" | "respect" |
"disrespect" | "pity" | "augmentative" | "diminutive" | "default"
<forehead>::="creased" | "default"
<eyebrows>::="up" | "default" | "down" | "upInside"
<eyes>::="squeezed" | "closed" | "wide" | "default"
<look>::="top" | "topRight" | "topLeft" | "default" | "low" | "lowRight" | "lowLeft" | "left" | "right"
<cheeks>::="inflated" | "sucked" | "tight" | "blow" | "default"
<nose>::="wrinkled" | "default"
<mouth>::="smile" | "laugh" | "yawn" | "kiss" | "tense" | "ajar" | "default"
<tongue>::="default" | "outsideMouth"
<teeth>::="biteUpperLip" | "biteLowerLip" | "default"
<headTranslation>::="forward" | "back" | "left" | "right" | "default"
<headRotationX>::="forward" | "back" | "default"
<headRotationY>::="left" | "right" | "default"
<headRotationZ>::="left" | "right" | "default"
<body>::="turnLeft" | "turnRight" | "inclineLeft" | "inclineRight" | "inclineForward" | "inclineBack" |
"default"
<lShoulder>::="shrug" | "circularFront" | "circularBack" | "default"
<rShoulder>::="shrug" | "circularFront" | "circularBack" | "default"
<shoulders>::="shrug" | "circularFront" | "circularBack" | "default"
<space>::=[<side>] [<repeat>] [<speed>] <trajectory>
<hand>::="nondominant" | "dominant" | "both"
<side>::="nondominant" | "dominant" | "both"
<repeat>::= VINT
<speed>::=VDECIMAL
<trajectory>::=1*<location>
<forearm>::=<orientation> [<side>] [<repeat>] [<speed>]
<orientation>::=<palmOrientation>
<hand>::=<configuration> [<side>] [<repeat>] [<speed>]
<wristM>::=<wrist> <wristDeviation> [<side>] [<repeat>] [<speed>]
<bodyM>::=[<headTranslation>] [<headRotationX>] [<headRotationY>] [<headRotationZ>] [<body>]
[<lShoulder>] [<rShoulder>] [<shoulders>] [<repeat>] [<speed>]
<pause>::=<seconds>
<seconds>::=VINT
<compounds>::= 2*<name>
<name>::= 1*VCHAR

```

Para a sinalização de sentenças, adicionam-se os seguintes termos:

```

<enunciation>::=<pauseBetweenPhrases> <comma> <dot> * <phrase>
<phrase>::=<onStart> <onEnd> * <signList> * <param> * <pose> * <movement> * <coproduce> * <pause>
<signList>::=<name>

```

```

<param>::=<name><ignoreList>
<ignoreList>=1*VCHAR
<coproduce>::= *<signList> *<param>*<pose>*<movement>
<comma>::="blink"|"extension"|"parcialRetraction"|"retraction"|[0-9]*
<dot>::="blink"|"extension"|"parcialRetraction"|"retraction"|[0-9]*
<onStart>::="blink"|"extension"|"parcialRetraction"|"retraction"|[0-9]*
<onEnd>::="blink"|"extension"|"parcialRetraction"|"retraction"|[0-9]*
    
```

O conjunto de regras na gramática formal para a descrição de uma configuração de mão no sistema de transcrição proposto é o seguinte:

```

<configuration>::=<index><middle><ring><little><thumb>
<index>::=<proximal><medial><distal><inclined>
<middle>::=<proximal><medial><distal><inclined>
<ring>::=<proximal><medial><distal><inclined>
<little>::=<proximal><medial><distal><inclined>
<thumb>::=<proximal><distal><inclined><metacarpal>
<proximal>::=VDECIMAL
<medial>::=VDECIMAL
<distal>::=VDECIMAL
<inclined>::=VDECIMAL
<metacarpal>::=VDECIMAL
    
```



## Apêndice II – *Schema* dos arquivos XML

### Schema do XML do sinal

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<!--Created with Liquid XML Studio - FREE Community Edition 7.1.4.1284 (http://www.liquid-technologies.com)-->
<xs:schema elementFormDefault="qualified" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<!-- SINAL -->
  <xs:element name="sign">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>

        <!-- pose -->
        <xs:element name="pose" minOccurs="1" maxOccurs="100">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>

              <!-- DOMINANT HAND -->
              <xs:element name="dominantHand" minOccurs="0" maxOccurs="1">
                <xs:complexType>
                  <xs:attribute name="configuration" use="required">
                    <xs:simpleType>
                      <xs:restriction base="xs:string">
                        <xs:pattern value="[0-9a-z]"/>
                      </xs:restriction>
                    </xs:simpleType>
                  </xs:attribute>
                  <xs:attribute name="palmOrientation" default="neutral">
                    <xs:simpleType>
                      <xs:restriction base="xs:string">
                        <xs:pattern value="supination|neutral|pronation|([0-9])*"/>
                      </xs:restriction>
                    </xs:simpleType>
                  </xs:attribute>
                  <xs:attribute name="wrist" default="neutral">
                    <xs:simpleType>
                      <xs:restriction base="xs:string">
                        <xs:pattern value="flexion|extension|relaxedFlexion|relaxedExtension|neutral|([0-9])*"/>
                      </xs:restriction>
                    </xs:simpleType>
                  </xs:attribute>
                  <xs:attribute name="wristDeviation" default="neutral">
                    <xs:simpleType>
                      <xs:restriction base="xs:string">
                        <xs:pattern value="radialDeviation|ulnarDeviation|neutral|([0-9])*"/>
                      </xs:restriction>
                    </xs:simpleType>
                  </xs:attribute>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:element>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:schema>

```

```

    </xs:simpleType>
  </xs:attribute>
  <xs:attribute name="location">
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:pattern value="[0-9a-z]"/>
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
  </xs:attribute>
</xs:complexType>
</xs:element>
<!-- FECHA DOMINANT HAND -->
<!-- NONDOMINANT HAND -->
<xs:element name="nondominantHand" minOccurs="0" maxOccurs="1">
  <xs:complexType>
    <xs:attribute name="configuration" use="required">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="[0-9a-z]"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="palmOrientation" default="neutral">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="supination|neutral|pronation|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="wrist" default="neutral">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="flexion|extension|relaxedFlexion|relaxedExtension|neutral|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="wristDeviation" default="neutral">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="radialDeviation|ulnarDeviation|neutral|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="location">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="[0-9a-z]"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
  </xs:complexType>
</xs:element>

```

```

<xs:attribute name="symmetry">
  <xs:simpleType>
    <xs:restriction base="xs:string">
      <xs:pattern value="true|false"/>
    </xs:restriction>
  </xs:simpleType>
</xs:attribute>
</xs:complexType>
</xs:element>
<!-- Fecha NONDOMINANT HAND -->
<!-- Face -->

  <xs:element name="face" minOccurs="0" maxOccurs="1">
    <xs:complexType>
      <xs:attribute name="preDefined" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="forehead" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="eyebrows" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="eyes" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="look" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="cheeks" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="nose" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="mouth" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="tongue" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="teeth" type="xs:string"/>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
<!-- FECHA FACE -->

<!-- BODY -->
  <xs:element name="bodyMovement" minOccurs="0" maxOccurs="1">
    <xs:complexType>
      <xs:attribute name="headTranslation" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="headRotationX" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="headRotationY" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="headRotationZ" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="body" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="lShoulder" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="rShoulder" type="xs:string"/>
      <xs:attribute name="shoulders" type="xs:string"/>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
<!-- FECHA BODY -->

</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<!-- FECHA pose -->

```

```
<!-- MOVEMENT -->
<xs:element name="movement" minOccurs="0" maxOccurs="100">
<xs:complexType>
<xs:sequence>
```

```
<!-- MOVIMENTO SPACE -->

<xs:element name="space" minOccurs="0" maxOccurs="2">
<xs:complexType mixed="true">

<xs:attribute name="side">
<xs:simpleType>
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:pattern value="dominant|nondominant|both"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="repeat" type="xs:integer"/>
<xs:attribute name="speed" type="xs:decimal"/>
</xs:complexType>
</xs:element>
```

```
<!-- MOVIMENTO FOREARM -->

<xs:element name="forearm" minOccurs="0" maxOccurs="2">
<xs:complexType>
<xs:attribute name="orientation">
<xs:simpleType>
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:pattern value="supination|neutral|pronation|([0-9])*"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="side">
<xs:simpleType>
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:pattern value="dominant|nondominant|both"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="repeat" type="xs:integer"/>
<xs:attribute name="speed" type="xs:decimal"/>
<xs:attribute name="return" type="xs:string"/>
</xs:complexType>
</xs:element>
```

```

<!-- MOVIMENTO HAND -->
<xs:element name="hand" minOccurs="0" maxOccurs="2">
  <xs:complexType>
    <xs:attribute name="configuration" use="required">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="[0-9a-z]"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="side">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="dominant|nondominant|both"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="repeat" type="xs:integer"/>
    <xs:attribute name="speed" type="xs:decimal"/>
    <xs:attribute name="return" type="xs:string"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- MOVIMENTO WRIST -->
<xs:element name="wrist" minOccurs="0" maxOccurs="2">
  <xs:complexType>
    <xs:attribute name="wrist">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="flexion|extension|relaxedFlexion|relaxedExtension|neutral|([0-
9])*"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="wristDeviation">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="radialDeviation|ulnarDeviation|neutral|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="side">
      <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
          <xs:pattern value="dominant|nondominant|both"/>
        </xs:restriction>
      </xs:simpleType>
    </xs:attribute>
    <xs:attribute name="repeat" type="xs:integer"/>
    <xs:attribute name="speed" type="xs:decimal"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>

```

```

        <xs:attribute name="return" type="xs:string"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
    <!-- BODY -->
<xs:element name="body" minOccurs="0" maxOccurs="1">
    <xs:complexType>
        <xs:attribute name="headTranslation" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="headRotationX" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="headRotationY" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="headRotationZ" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="body" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="lShoulder" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="rShoulder" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="shoulders" type="xs:string"/>
        <xs:attribute name="repeat" type="xs:integer"/>
        <xs:attribute name="speed" type="xs:decimal"/>
        <xs:attribute name="return" type="xs:string"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- FECHA BODY -->
<!-- PAUSE -->
    <xs:element name="PAUSE" minOccurs="0" >
        <xs:complexType>
            <xs:attribute name="seconds" type="xs:string"/>
        </xs:complexType>
    </xs:element>
<!-- FECHA PAUSE -->
</xs:sequence>

</xs:complexType>
</xs:element>
<!-- FECHA MOVIMENTO LOCAL -->

<!-- FECHA MOVIMENTO GLOBAL -->

<!-- ABRE COMPOUNDS -->
<xs:element name="compounds">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element name="signs"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- FECHA COMPOUNDS -->

</xs:sequence>

```

```

    <xs:attribute name="name" type="xs:string" use="required"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

### Schema do XML da configuração de mão

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<!--Created with Liquid XML Studio - FREE Community Edition 7.1.4.1284 (http://www.liquid-technologies.com)-->
<xs:schema elementFormDefault="qualified" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

  <!-- CONFIGURACAO -->
  <xs:element name="configuration">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>

        <xs:element name="index" minOccurs="1" maxOccurs="1">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute name="proximal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="medial" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="distal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="inclined" use="required" type="xs:float"/>
          </xs:complexType>
        </xs:element>

        <xs:element name="middle" minOccurs="1" maxOccurs="1">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute name="proximal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="medial" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="distal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="inclined" use="required" type="xs:float"/>
          </xs:complexType>
        </xs:element>

        <xs:element name="ring" minOccurs="1" maxOccurs="1">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute name="proximal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="medial" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="distal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="inclined" use="required" type="xs:float"/>
          </xs:complexType>
        </xs:element>

        <xs:element name="little" minOccurs="1" maxOccurs="1">
          <xs:complexType>
            <xs:attribute name="proximal" use="required" type="xs:float"/>
            <xs:attribute name="medial" use="required" type="xs:float"/>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>

```

```

        <xs:attribute name="distal" use="required" type="xs:float"/>
        <xs:attribute name="inclined" use="required" type="xs:float"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>

<xs:element name="thumb" minOccurs="1" maxOccurs="1">
    <xs:complexType>
        <xs:attribute name="proximal" use="required" type="xs:float"/>
        <xs:attribute name="distal" use="required" type="xs:float"/>
        <xs:attribute name="inclined" use="required" type="xs:float"/>
        <xs:attribute name="metacarpal" use="required" type="xs:float"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>

</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>

```

### Schema do XML de enunciados

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<!--Created with Liquid XML Studio - FREE Community Edition 7.1.4.1284 (http://www.liquid-technologies.com)-->
<xs:schema elementFormDefault="qualified" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<!-- TEXTO -->
    <xs:element name="ennunciation">
        <xs:complexType>
            <xs:sequence>
                <xs:element name="phrase" minOccurs="1" maxOccurs="1">
                    <xs:complexType>
                        <xs:sequence>
                            <xs:element name="param" minOccurs="1" maxOccurs="1">
                                <xs:complexType>
                                    <xs:attribute name="signName" type="xs:string"/>
                                    <xs:attribute name="ignoreList" type="xs:integer"/>
                                    <xs:sequence>
                                        <xs:element name="pose" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                                        <xs:element name="movement" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                                    </xs:sequence>
                                </xs:complexType>
                            </xs:element>
                            <xs:element name="pose" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                            <xs:element name="movement" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                            <xs:element name="coproduce" minOccurs="1" maxOccurs="1">
                                <xs:complexType>
                                    <xs:sequence>
                                        <xs:element name="signList" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                                        <xs:element name="param" minOccurs="1" maxOccurs="1">

```

```

        <xs:complexType>
            <xs:attribute name="signName" type="xs:string"/>
            <xs:attribute name="ignoreList" type="xs:integer"/>
            <xs:sequence>
                <xs:element name="pose" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
                <xs:element name="movement" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
            </xs:sequence>
        </xs:complexType>
    </xs:element>
    <xs:element name="pose" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
    <xs:element name="movement" minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="pause" minOccurs="1" maxOccurs="1">
    <xs:complexType>
        <xs:attribute name="seconds" use="required" type="xs:float"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
<xs:attribute name="onStart" type="xs:float" >
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="blink|extension|parcialRetraction|retraction|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="onEnd" type="xs:float" >
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="blink|extension|parcialRetraction|retraction|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:attribute>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:sequence>
<xs:attribute name="pauseBetweenPhrases" type="xs:float" />
<xs:attribute name="comma" type="xs:integer" >
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="blink|extension|parcialRetraction|retraction|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:attribute>
<xs:attribute name="dot" type="xs:integer" >
    <xs:simpleType>
        <xs:restriction base="xs:string">
            <xs:pattern value="blink|extension|parcialRetraction|retraction|([0-9])*"/>
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>

```

```
        </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
</xs:attribute>
</xs:complexType>
</xs:element>
</xs:schema>
```

## Apêndice III – Transcrição dos sinais utilizados na avaliação

A seguir serão ilustrados os sinais utilizados na avaliação do sistema de transcrição. As imagens foram retiradas do dicionário Capovilla, e contém a direita de cada figura a transcrição do sinal em SignWriting. Abaixo de cada figura o sinal é descrito textualmente, e em seguida é apresentada a descrição do sinal no sistema de transcrição proposto.



**Sinal AMANHA**

*Sinal AMANHA: Mão vertical aberta, palma para a esquerda. Passar a ponta do dedo médio no lado direito da testa, e mover a mão para cima e para a direita, curvando o dedo.*

```
<sign name="AMANHA">
```

```
  <pose>
```

```
    <dominantHand configuration="33" location="-10_65_85_123_0"
    palmOrientation="neutral"/>
```

```
  </pose>
```

```
  <movement>
```

```
    <space side="dominant" speed="0.8">0_60_85_115_0
```

```
    </space>
```

```
  </movement>
```

```
</sign>
```

```
<configuration name="33">
```

```
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="6.0"/>
```

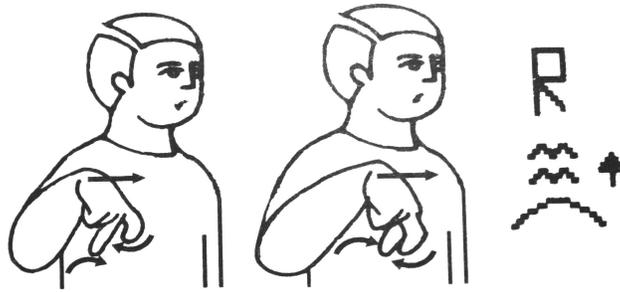
```
  <middle proximal="-31.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
  "10.59804505"/>
```

```
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-5.0"/>
```

```
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-18.5"/>
```

```
  <thumb proximal="-22.8" distal="-29.3" metacarpal="-7.3" inclined="-7.5"/>
```

```
</configuration>
```



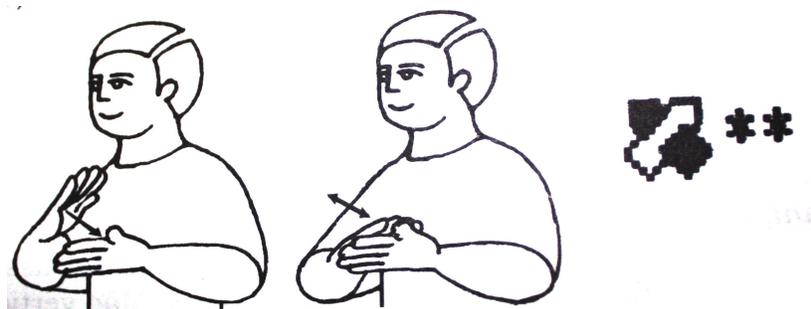
**Sinal ANDAR**

*Sinal ANDAR: Mão em V invertido, palma para trás. Mover a mão oscilando lentamente os dedos.*

```
<sign name="ANDAR">
  <pose>
    <dominantHand configuration="30" palmOrientation="pronation"
location="0_-5_85_105_0" wrist="flexion"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand configuration="31" repeat="INF" side="dominant" speed="10"/>
    <space side="dominant" speed="0.5">0_30_85_65_0</space>
  </movement>
</sign>

<configuration name="30">
  <index proximal="-71.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"6.365156904"/>
  <middle proximal="-30" distal = "7.918785319" inclined = "0"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>

<configuration name="31">
  <index proximal="-30" distal = "7.918785319" inclined = "0"/>
  <middle proximal="-91.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"10.59804505"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>
```

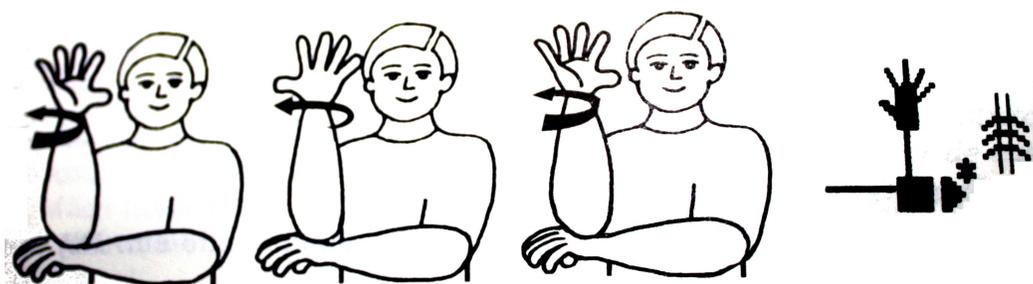


**Sinal APLAUDIR**

*Sinal APLAUDIR: O sinalizador simula o ato de bater palmas.*

```
<sign name="APLAUDIR">
  <pose>
    <dominantHand configuration="B" palmOrientation="neutral" location="-40_10_85_120_0" wrist="relaxedExtension"/>
    <nondominantHand symmetry="true"/>
  </pose>
  <movement>
    <space side="both" repeat="3" speed="3.5">0_30_75_105_-45</space>
  </movement>
</sign>

<configuration name="B">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="-30.0" distal="-66.8" metacarpal="-25.2" inclined="-23.8"/>
</configuration>
```



**Sinal ARVORE**

*Sinal ARVORE: Braço esquerdo horizontal dobrado em frente ao corpo, mão aberta, palma para baixo, dedos separados e curvados; cotovelo direito apoiado no dorso da mão esquerda, mão direita aberta, palma para frente, dedos separados. Girar a palma para trás, duas vezes.*

```
<sign name="ARVORE">
  <pose>
    <dominantHand configuration="34" palmOrientation="pronation" location="0_30_85_135_0" wrist="relaxedExtension"/>
  </pose>
</sign>
```

```

    <nondominantHand configuration="35" palmOrientation="-30" location="-
80_40_85_90_-15" />
  </pose>
  <movement>
    <forearm orientation="supination"/>
  </movement>
</sign>

```

```

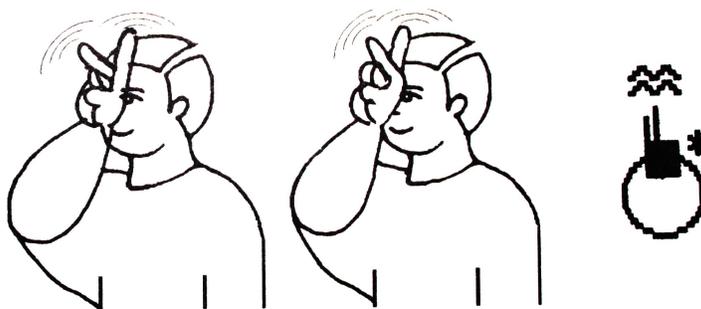
<configuration name="34">
  <index proximal="-48.0" distal="0.0" inclined="6.0"/>
  <middle proximal="-48.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="-48.0" distal="0.0" inclined="-5.0"/>
  <little proximal="-48.0" distal="0.0" inclined="-18.5"/>
  <thumb proximal="0.8" distal="0.3" metacarpal="-7.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>

```

```

<configuration name="35">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="10.9" distal="9.4" metacarpal="0.0" inclined="0.0"/>
</configuration>

```



**Sinal BARATA**

*Sinal BARATA: Mão em V, palma para frente, tocando o centro da testa, balançar alternadamente os dedos indicador e médio.*

```

<sign name="BARATA">
  <pose>
    <dominantHand configuration="30" location="-40_85_85_114_0"
palmOrientation="pronation" wristDeviation="ulnarDeviation"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand configuration="31" repeat="5" speed="6" side="dominant"/>
  </movement>
</sign>

```

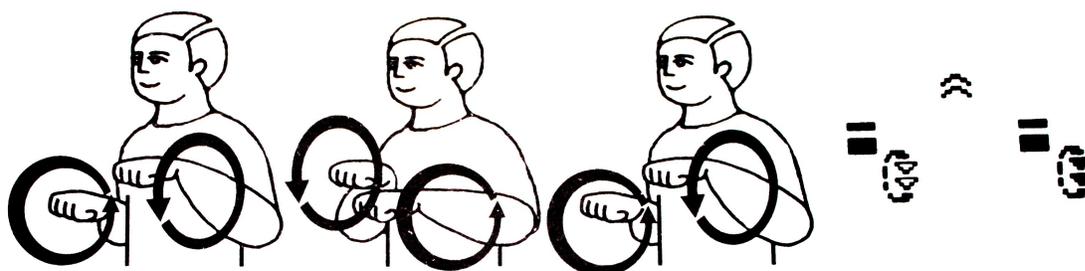
```

<configuration name="30">
  <index proximal="-71.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"6.365156904"/>
  <middle proximal="-30" distal = "7.918785319" inclined = "0"/>

```

```
<ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
<little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
<thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>
```

```
<configuration name="31">
  <index proximal="-30" distal = "7.918785319" inclined = "0"/>
  <middle proximal="-91.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"10.59804505"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>
```



**Sinal BICICLETA**

*Sinal BICICLETA: Mão em S, palmas para baixo. Movê-las alternadamente em círculos verticais para frente, sentido horário.*

```
<sign name="BICICLETA">
  <pose>
    <dominantHand configuration="A" palmOrientation="pronation" location="0_5_85_105_0"/>
    <nondominantHand configuration="A" palmOrientation="pronation" location="0_30_85_65_0"/>
  </pose>
  <movement>
    <space side="dominant" speed="2.5" repeat="3">0_23_85_100_0 0_30_85_65_0 0_15_85_68_0</space>
    <space side="nondominant" speed="2.5" repeat="3">0_15_85_68_0 0_5_85_105_0 0_23_85_100_0</space>
  </movement>
</sign>
```

```
<configuration name="A">
  <index proximal="-70.0" medial="-110.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-98.9" medial="-100.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="-98.8" medial="-100.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="-98.9" medial="-90.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="-22.8" distal="0.8" metacarpal="-15.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>
```



**Sinal BOM DIA**

*Sinal BOM DIA: Sinal BOM: mão vertical, palma para trás, pontas dos dedos unidas em frente à boca. Mover a mão ligeiramente para frente, distendendo e separando os dedos. Sinal DESPERTAR: Mãos em A, palmas para frente a cada lado dos olhos fechados. Abri-las em L, arregalando os olhos.*

```
<sign name="BOMDIA">
  <compounds>BOM DESPERTAR</compounds>
</sign>

<sign name="BOM">
  <pose>
    <dominantHand configuration="0" location="-20_45_85_123_-15"
palmOrientation="supination"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand configuration="36" side="dominant"/>
    <space>-20_45_85_100_-15</space>
  </movement>
</sign>

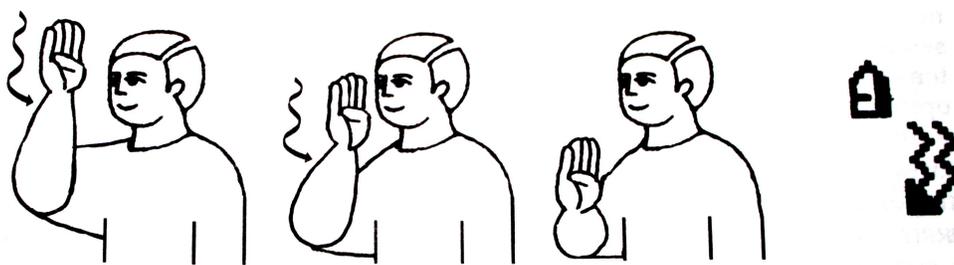
<sign name="DESPERTAR">
  <pose>
    <dominantHand configuration="A" palmOrientation="pronation"
location="0_40_85_135_0"/>
    <nondominantHand symmetry="true"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand side="both" configuration="L"/>
    <space speed="0.5" side="both">10_40_85_135_15</space>
  </movement>
</sign>

<configuration name="0">
  <index proximal="-54.9" medial="-73.4" distal="-73.4" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-48.9" medial="-75.5" distal="-75.5" inclined="6.0"/>
  <ring proximal="-41.0" medial="-79.0" distal="-79.0" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-37.4" medial="-71.3" distal="-71.3" inclined="21.7"/>
  <thumb proximal="-8.5" distal="-58.4" metacarpal="-30.2" inclined="-25.1"/>
</configuration>

<configuration name="36">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="6.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-5.0"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-18.5"/>
  <thumb proximal="0" distal="0" metacarpal="-20.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>
```

```
<configuration name="A">
  <index proximal="-70.0" medial="-110.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-98.9" medial="-100.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="-98.8" medial="-100.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="-98.9" medial="-90.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="-22.8" distal="0.8" metacarpal="-15.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>
```

```
<configuration name="L">
  <index proximal="0.0" medial="0.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-82.9" medial="-105.1" distal="-105.1" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="-78.9" medial="-95.0" distal="-95.0" inclined="5.0"/>
  <little proximal="-81.5" medial="-76.3" distal="-76.3" inclined="8.5"/>
  <thumb proximal="10.9" distal="9.4" metacarpal="0.0" inclined="0.0"/>
</configuration>
```

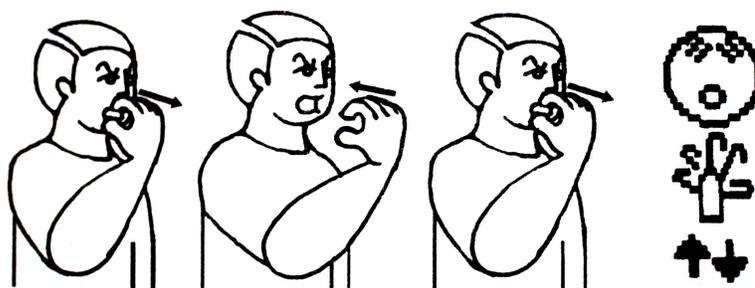


**Sinal BRASIL**

*Sinal BRASIL: Mão em B, palma para a esquerda, na altura da cabeça. Movê-la para baixo com movimentos ondulatórios.*

```
<sign name="BRASIL">
  <pose>
    <dominantHand configuration="B" location="0_60_85_115_0"/>
  </pose>
  <movement>
    <space speed="1">-20_45_85_125_-15 0_40_85_135_0
-10_20_90_120_-10</space>
  </movement>
</sign>
```

```
<configuration name="B">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="-30.0" distal="-66.8" metacarpal="-25.2" inclined="-23.8"/>
</configuration>
```

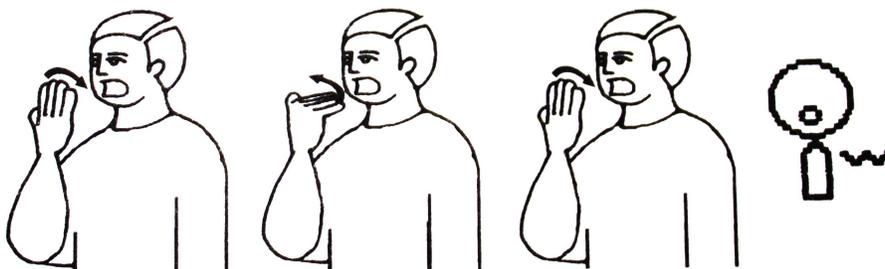


**Sinal CACHORRO**

*Sinal CACHORRO: Mão vertical aberta, palma para trás, dedos separados e curvados, diante da boca. Movê-la ligeiramente para frente e para trás.*

```
<sign name="CACHORRO">
  <pose>
    <dominantHand configuration="43" location="-20_45_85_100_-15"
palmOrientation="supination"/>
  </pose>
  <movement>
    <space repeat="2">-20_45_85_123_-15</space>
  </movement>
</sign>

<configuration name="43">
  <index proximal="-35.0" distal="-25.0" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-35.0" distal="-25.0" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="-35.0" distal="-25.0" inclined="0.0"/>
  <little proximal="-35.0" distal="-25.0" inclined="0.0"/>
  <thumb proximal="10.0" distal="0" metacarpal="-39.6" inclined="-30"/>
</configuration>
```



**Sinal COMER**

*Sinal COMER: Os dedos da mão aberta diante da boca se flexionam repetidamente, como se estivessem colocando o alimento para dentro dela.*

```
<sign name="COMER">
  <pose>
    <dominantHand configuration="36" location="-20_40_85_115_-15"
palmOrientation="supination"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand configuration="37" repeat="2" speed="8" side="dominant"/>
  </movement>
</sign>
```

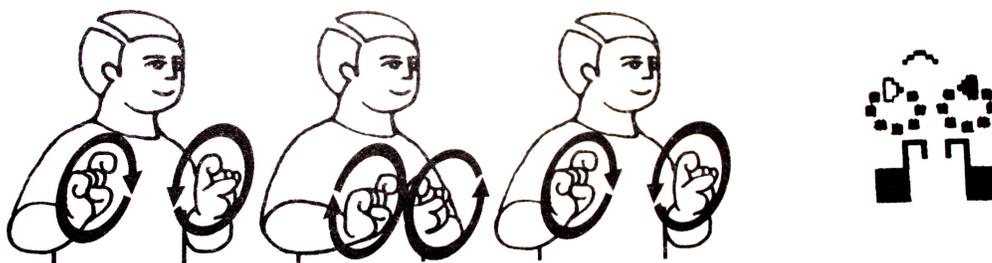
```

    </movement>
</sign>

<configuration name="36">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="6.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-5.0"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-18.5"/>
  <thumb proximal="0" distal="0" metacarpal="-20.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>

<configuration name="37">
  <index proximal="-81.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"6.365156904"/>
  <middle proximal="-81.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"10.59804505"/>
  <ring proximal="-81.50623121" distal = "-56.82385279" inclined =
"11.0067252"/>
  <little proximal="-89.20257475" distal = "-56.82385279" inclined =
"10.30472758"/>
  <thumb proximal="0" distal="0" metacarpal="-20.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>

```



**Sinal COMPUTADOR**

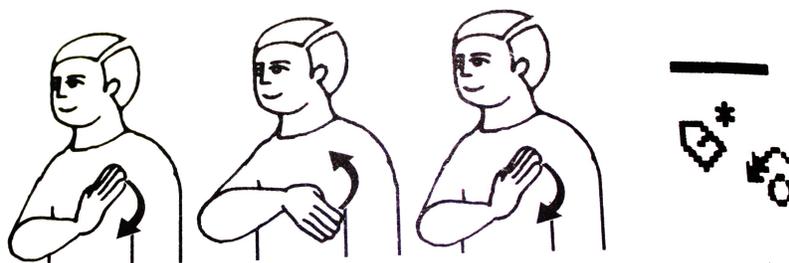
*Sinal COMPUTADOR: Mão em X vertical, palmas para frente. Mover as mãos em círculos verticais para os lados opostos, aproximando-as e afastando-as.*

```

<sign name="COMPUTADOR">
  <pose>
    <dominantHand configuration="38" palmOrientation="pronation"
location="0_10_85_125_15" wrist="relaxedExtension"/>
    <nondominantHand symmetry="true"/>
  </pose>
  <movement>
    <space side="both" speed="2" repeat="1">0_20_85_125_5 0_20_85_125_-5
0_10_85_125_-15 0_0_85_125_-5 0_0_85_125_5</space>
  </movement>
</sign>

<configuration name="38">
  <index proximal="-28.9" medial="-31.4" distal="-31.4" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-98.8" medial="-75.5" distal="-89.1" inclined="9.5"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-2.5" distal="-58.4" metacarpal="-20.2" inclined="-25.1"/>
</configuration>

```

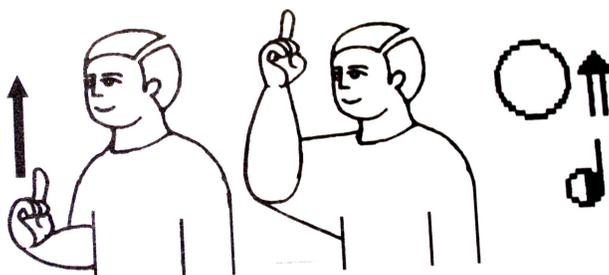


**Sinal CORAÇÃO**

*Sinal CORACAO: Mão em B, palma para trás, tocando o lado esquerdo do peito. Balançar a mão para baixo e para cima, duas vezes.*

```
<sign name="CORACAO">
  <pose>
    <dominantHand configuration="B" palmOrientation="neutral" location="-60_50_90_120_-20" wrist="extension"/>
  </pose>
  <movement>
    <forearm orientation="supination" side="dominant" speed="1.5" repeat="3"/>
  </movement>
</sign>

<configuration name="B">
  <index proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="0.0" distal="0.0" inclined="-0.6"/>
  <ring proximal="0.0" distal="0.0" inclined="3.8"/>
  <little proximal="0.0" distal="0.0" inclined="5.4"/>
  <thumb proximal="-30.0" distal="-66.8" metacarpal="-25.2" inclined="-23.8"/>
</configuration>
```



**Sinal DEUS**

*Sinal DEUS: Mão em D, palma para a esquerda. Movê-la para cima, acima da cabeça.*

```
<sign name="DEUS">
  <pose>
    <dominantHand configuration="D" location="0_10_85_125_0"/>
  </pose>
  <movement>
    <space>0_60_85_115_0</space>
  </movement>
</sign>
```

```
<configuration name="D">
  <index proximal="0.0" medial="0.0" distal="0.0" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-48.9" medial="-75.5" distal="-75.5" inclined="6.0"/>
  <ring proximal="-41.0" medial="-79.0" distal="-79.0" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-37.4" medial="-71.3" distal="-71.3" inclined="21.7"/>
  <thumb proximal="-8.5" distal="-58.4" metacarpal="-20.2" inclined="-25.1"/>
</configuration>
```



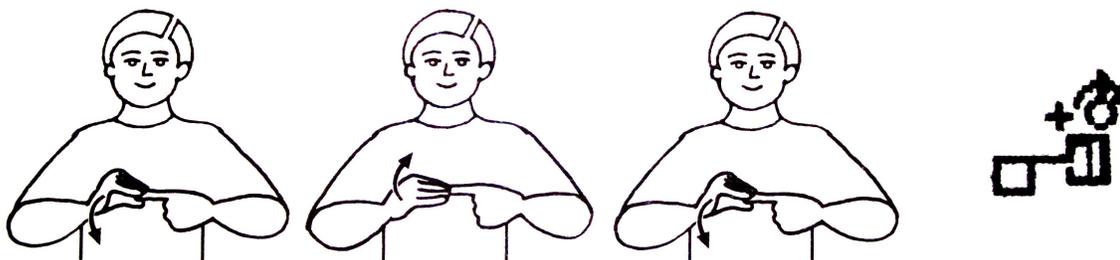
**Sinal DIFICIL**

*Sinal DIFICIL: A mão em I, com palma para baixo, e o lado do indicador tocando o lado direito da testa, se move para o lado esquerdo da testa, enquanto o indicador se curva e se distende, sendo que a expressão facial é contraída.*

```
<sign name="DIFICIL">
  <pose>
    <dominantHand configuration="X" location="0_65_85_120_-15"/>
  </pose>
  <movement>
    <hand configuration="39" repeat="INF" speed="8"/>
    <space speed="0.5">-18_80_85_115_-20</space>
  </movement>
</sign>
```

```
<configuration name="X">
  <index proximal="28.8" medial="-39.3" distal="-39.3" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-98.8" medial="-95.5" distal="-99.1" inclined="9.5"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-99.0" distal="-99.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-91.3" distal="-99.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>
```

```
<configuration name="39">
  <index proximal="28.8" medial="-90.3" distal="-90.3" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-98.8" medial="-95.5" distal="-99.1" inclined="9.5"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-99.0" distal="-99.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-91.3" distal="-99.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>
```



**Sinal FEIJAO**

*Sinal FEIJAO: Mão esquerda em 1 horizontal, palma para trás; mão direita horizontal, palma para a esquerda, dedos unidos pelas pontas, tocando a ponta do indicador esquerdo. Girar a palma para trás, duas vezes.*

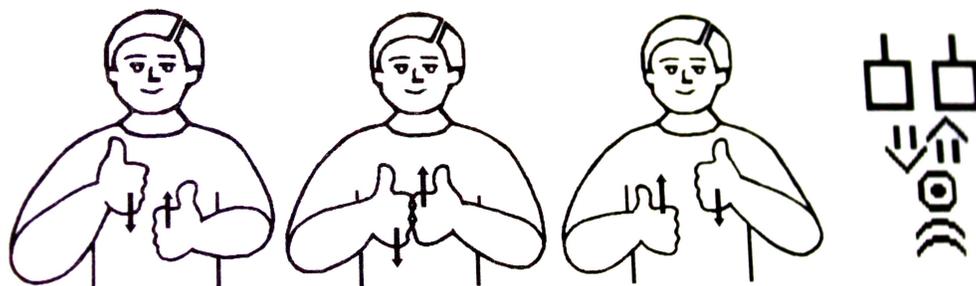
```

<sign name="FEIJAO">
  <pose>
    <dominantHand configuration="O" location="0_10_58_125_-40"
wrist="relaxedExtension" />
    <nondominantHand configuration="G" location="0_8_54_125_-45" />
  </pose>
  <movement>
    <forearm orientation="supination" repeat="3" speed="1"/>
  </movement>
</sign>

<configuration name="O">
  <index proximal="-54.9" medial="-73.4" distal="-73.4" inclined="-3.0"/>
  <middle proximal="-48.9" medial="-75.5" distal="-75.5" inclined="6.0"/>
  <ring proximal="-41.0" medial="-79.0" distal="-79.0" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-37.4" medial="-71.3" distal="-71.3" inclined="21.7"/>
  <thumb proximal="-8.5" distal="-58.4" metacarpal="-30.2" inclined="-25.1"/>
</configuration>

<configuration name="G">
  <index proximal="0.0" medial="0.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-82.9" medial="-105.1" distal="-105.1" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="-78.9" medial="-95.0" distal="-95.0" inclined="1.0"/>
  <little proximal="-81.5" medial="-76.3" distal="-76.3" inclined="2.5"/>
  <thumb proximal="-22.8" distal="-29.3" metacarpal="-13.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>

```



**Sinal FUTEBOL**

*Sinal FUTEBOL: Mãos horizontais fechadas, palma a palma, polegares destacados. Mover as mãos alternadamente para cima e para baixo.*

```
<sign name="FUTEBOL">
  <pose>
    <dominantHand configuration="1" palmOrientation="neutral" location="-30_8_80_130_0"/>
    <nondominantHand configuration="1" palmOrientation="neutral" location="-30_0_80_100_0"/>
  </pose>
  <movement>
    <space side="dominant" speed="1.5" repeat="1">-30_0_80_100_0</space>
    <space side="nondominant" speed="1.5" repeat="1">-30_8_80_130_0</space>
  </movement>
</sign>
```

```
<configuration name="1">
  <index proximal="-98.7" medial="-99.1" distal="-99.1" inclined="2.8"/>
  <middle proximal="-98.8" medial="-95.5" distal="-99.1" inclined="9.5"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-99.0" distal="-99.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-95.2" medial="-91.3" distal="-99.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="15.9" distal="-5" metacarpal="0.0" inclined="0.0"/>
</configuration>
```



**Sinal MOTO**

*Sinal MOTO: Mãos em S, palmas para baixo, a cada lado do corpo. Girar as palmas para trás, várias vezes.*

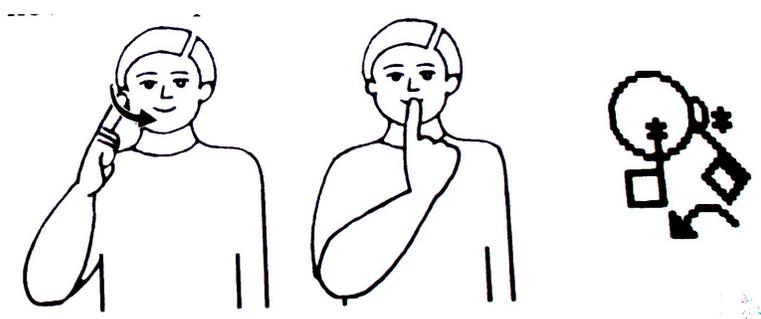
```
<sign name="MOTO">
  <pose>
    <dominantHand configuration="S" palmOrientation="pronation" location="0_5_85_105_0"/>
  </pose>
```

```

    <nondominantHand symmetry="true"/>
  </pose>
  <movement>
    <wrist wrist="extension" repeat="3" side="both"/>
  </movement>
</sign>

<configuration name="S">
  <index proximal="-98.7" medial="-89.1" distal="-89.1" inclined="2.8"/>
  <middle proximal="-98.8" medial="-75.5" distal="-89.1" inclined="9.5"/>
  <ring proximal="-90.9" medial="-79.0" distal="-89.1" inclined="13.1"/>
  <little proximal="-85.2" medial="-71.3" distal="-89.1" inclined="19.7"/>
  <thumb proximal="-10.0" distal="-68.2" metacarpal="-36.9" inclined="-24.3"/>
</configuration>

```



**Sinal SURDO**

*Sinal SURDO: Mão em I, palma para a esquerda. Tocar a ponta do indicador na orelha direita, virar a palma para trás, e tocar a ponta do indicador nos lábios.*

```

<sign name="SURDO">
  <pose>
    <dominantHand configuration="G" location="-10_55_85_138_-5"/>
  </pose>
  <movement>
    <space speed="2">-10_55_85_125_5 -10_30_85_140_-20</space>
    <forearm orientation="supination"/>
  </movement>
</sign>

<configuration name="G">
  <index proximal="0.0" medial="0.0" distal="0.0" inclined="0.0"/>
  <middle proximal="-82.9" medial="-105.1" distal="-105.1" inclined="0.0"/>
  <ring proximal="-78.9" medial="-95.0" distal="-95.0" inclined="1.0"/>
  <little proximal="-81.5" medial="-76.3" distal="-76.3" inclined="2.5"/>
  <thumb proximal="-22.8" distal="-29.3" metacarpal="-13.3" inclined="-7.5"/>
</configuration>

```

## Apêndice IV – Parecer Consubstanciado do CEP

Plataforma Brasil - Ministério da Saúde

Faculdade de Ciências Médicas - UNICAMP

### PROJETO DE PESQUISA

**Título:** Sistema de Transcrição da Língua de Sinais Brasileira Voltado a Implementação de Agentes Virtuais Sinalizadores.

**Pesquisador:** Wanessa Machado do Amaral

**Versão:** 1

**Instituição:** Faculdade de Ciências Médicas - UNICAMP

**CAAE:** 01036612.7.0000.5404

### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**Número do Parecer:** 8819

**Data da Relatoria:** 06/04/2012

#### **Apresentação do Projeto:**

O projeto está bem redigido e é de suma importância para a área em que se insere.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Desenvolver um sistema de transcrição da língua de sinais brasileira (LIBRA) para gerar conteúdo sinalizado em ambientes virtuais. Os sinais serão articulados por um avatar (modelo virtual que representa uma figura humana).

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O projeto não apresenta riscos previsíveis. Os benefícios são que resultará numa maior inclusão digital de indivíduos com deficiência auditiva, além de contribuir para o avanço do conhecimento científico nas áreas em que se insere (linguística e computação).

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Clara, adequada e muito pertinente. Os sujeitos da pesquisa serão indivíduos com deficiência auditiva que responderão a um questionário que avaliará o sistema de transcrição desenvolvido.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram apresentados: folha de rosto com assinatura da pesquisadora responsável; autorização para coleta de dados com assinatura da responsável pelo CEPRE / FCM / UNICAMP (instituição onde serão recrutados os voluntários); e TCLE.

#### **Recomendações:**

-

#### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto é muito bom e pertinente. Após envio de nova versão do TCLE com as correções solicitadas, o projeto encontra-se aprovado.



## Apêndice V – TCLE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Você foi selecionado(a) e está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada: Sistema de Transcrição da Língua de Sinais Brasileira Voltado a Implementação de Agentes Virtuais Sinalizadores. O objetivo deste estudo é criar um sistema de transcrição das línguas de sinais para gerar conteúdo em língua de sinais em ambientes virtuais.

Sua participação é voluntária. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em testar sinais da libras feitos por um programa de computador, dizendo se entendeu o sinal. Este teste tem duração aproximada de 30 a 40 minutos. Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o seu nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada uma vez que seu nome será substituído de forma aleatória. Os dados coletados serão utilizados apenas nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas.

O(a) sr(a) não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras. Não vai haver nenhuma forma de reembolso de dinheiro, já que com a participação na pesquisa você não vai ter nenhum gasto. Não haverá riscos de qualquer natureza relacionada a sua participação. O benefício relacionado à sua participação será de aumentar o conhecimento científico para a área de linguística das língua de sinais e de computação.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o Projeto de Pesquisa de sua participação, agora ou a qualquer momento. Neste termo consta também os dados do Comitê de Ética em Pesquisa/FCM/UNICAMP, que poderá ser utilizado para denúncias e/ou reclamações referentes aos aspectos éticos da pesquisa.

---

Wanessa Machado do Amaral

Dados da pesquisadora: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - Depto. de Engenharia de Computação e Automação Industrial  
Av. Albert Einstein, 400 - 13083-852 Campinas-SP, Brasil  
Telefone: +55 (019) 3454-4587 - Email: [wmamaral@dca.fee.unicamp.br](mailto:wmamaral@dca.fee.unicamp.br)

Declaro estar ciente do inteiro teor deste TERMO DE CONSENTIMENTO e estou de acordo em participar do estudo proposto, sabendo que dele poderei desistir a qualquer momento, sem sofrer qualquer punição ou constrangimento.

Campinas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

Sujeito da Pesquisa: \_\_\_\_\_

Aassinatura: \_\_\_\_\_  
(em caso de menor, assinatura do pai / mãe ou responsável legal)

Comitê de Ética em Pesquisa/FCM/UNICAMP  
Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126 – CEP 13083-887 Campinas – SP

Fone (019) 3521-8936 ou 3521-7187 e-mail: [cep@fcm.unicamp.br](mailto:cep@fcm.unicamp.br)