

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GUSTAVO RAMON BELLETTIERI HERBIG

CORE-SL-SIGN REGISTER: FERRAMENTA COMPUTACIONAL
PARA A ESPECIFICAÇÃO DE SINAIS DA LIBRAS

CURITIBA

2018

GUSTAVO RAMON BELLETTIERI HERBIG

CORE-SL-SIGN REGISTER: FERRAMENTA COMPUTACIONAL
PARA A ESPECIFICAÇÃO DE SINAIS DA LIBRAS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Informática no Programa de Pós-Graduação em Informática, setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Ciência da Computação*.

Orientador: Laura Sánchez García.

Co-orientador: Tanya Amara Felipe.

CURITIBA

2018

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

H539c Herbig, Gustavo Ramon Bellettieri

Core-sl-signregister: ferramenta computacional para a especificação de sinais da libras [recurso eletrônico] / Gustavo Ramon Bellettieri Herbig – Curitiba, 2018.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Informática, Área de concentração Ciência da Computação, no setor de Ciências Exatas.

Orientadora: Profª. Dra. Laura Sánchez García

Co-orientadora: Profª. Dra Tanya Amara Felipe

1. Linguagem por sinais. 2. Língua brasileira de sinais. 3. Surdos. I. Universidade Federal do Paraná. II. García, Laura Sánchez. III. Felipe, Tanya Amara. IV. Título.

CDD 419

Bibliotecária: Vilma Machado CRB9/1563



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INFORMÁTICA

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em INFORMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **GUSTAVO RAMON BELLETTIERI HERBIG** intitulada: **CORE-SL-Sign-Register: Ferramenta computacional para a especificação de sinais de Libras**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 12 de Novembro de 2018.

LAURA SANCHEZ GARCIA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

TANYA AMARA FELIPE DE SOUZA
Coorientador - Avaliador Externo (INES)

EDUARDO TODT
Avaliador Interno (UFPR)

DIEGO ROBERTO ANTUNES
Avaliador Externo (UTFPR)



*Dedico este trabalho
Aos meus pais,
Teresa e Gustavo,
As minhas irmãs,
Paula, Marília e Flor,
A minha esposa,
Tatiane, e
A minha orientadora,
Laura.*

Agradecimentos

A toda minha família, especialmente aos meus pais, Teresa e Gustavo, por sempre estarem ao meu lado nas decisões tomadas e me darem suporte essencial para enfrentar os estudos e desafios da universidade. A minha irmã, Paula, e meus sobrinhos, Biel, Aquiles e Alice, por compartilharem das minhas conquistas e emoções no dia-a-dia. As minhas irmãs, Flor e Marília, mesmo que distantes estarem sempre presentes em minha vida. A minha família que está no Uruguai, minha tia, Marina, meus tios, Alexis e Norma, e meus primos, Cláudia, Arnaldo, Gabi, Maria Emilia e Exequiel, destino certo sempre para estarmos juntos e nas ocasiões de maiores alegrias.

A minha esposa, Tatiane Cristine de Oliveira, por sempre estar ao meu lado para todas ocasiões, pelas alegrias, incentivos e auxílio nos caminhos a serem seguidos, agrago pela compreensão e carinho.

A todos meus amigos e suas famílias, por também estarem ao meu lado em todas as situações, alegres e tristes, sempre me apoiando e sendo companheiros para tudo.

A minha orientadora, professora Laura Sánchez García, pela companhia, auxílio prestado, conversas e trocas de email que tivemos ao longo da realização dos trabalhos durante o programa de mestrado. Sua sabedoria e inestimável dedicação são características que obtive como seu orientando e que compartilharei com todos.

Ao colega e co-orientador Carlos Eduardo Iatskiu, seja como colega, ou co-orientador do trabalho realizado, por me apoiar e auxiliar em questões referentes aos estudos e pesquisas ao longo do programa.

A minha co-orientadora Tanya Amara Felipe, pela dedicação ao trabalho realizado, apoiando, discutindo e estudando sobre os conteúdos do trabalho, gerando a maior parte do conhecimento que possuo sobre línguas de sinais, principal tema do trabalho.

A Fundação Parque Tecnológico Itaipu, empresa que investe nos seus colaboradores e me propiciou a participação no Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Paraná, sob pessoa do gestor do Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos, Rodrigo Bueno Otto.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A Arquitetura de Interação Humano-Computador em Língua de Sinais (HCI-SL – *Human Computer Interaction in Sign Language*) foi criada com o objetivo de proporcionar o arcabouço necessário ao desenvolvimento de ferramentas computacionais para a interação em Libras. Com o intuito de dar suporte à resolução de problemas de armazenamento, indexação, recuperação, reconhecimento, reprodução, síntese, entre outros, foi desenvolvido um modelo computacional formal, o CORE-SL (*COmputational Model for REpresentation of Sign Language*), base da arquitetura HCI-SL. O presente trabalho teve o objetivo de construir uma ferramenta computacional para viabilizar a prova de conceito do modelo CORE-SL, especificamente no nível fonológico da Língua Brasileira de Sinais, constituído por configurações de mãos ponto de articulação, orientação da palma das mãos, movimento, expressão facial e corporal. A ferramenta de catalogação de sinais disponibiliza uma representação padrão textual para os sinais e prevê o uso de avatar inteligente para interpretar o sinal inserido por meio da ferramenta. Como principal resultado esperado, tem-se uma arquitetura com seu modelo central de representação dos sinais testado e revisado para a futura integração dos sinais cadastrados com diferentes módulos da arquitetura HCI-SL, tais como o dicionário da Libras e a tradução automática.

Palavras-chave: Libras, Surdos, Línguas de sinais, Interação.

ABSTRACT

The Human Computer Interaction Architecture in Sign Language (HCI-SL) was created with the objective of providing the necessary framework for the development of computational tools for interaction in Libras. In order to support the resolution of problems of storage, indexing, retrieval, recognition, reproduction, synthesis, among others, a formal computational model was developed named CORE-SL (*COmputational Model for REpresentation of Sign Language*), base for the HCI-SL architecture. The present work had the objective of constructing a computational tool to make feasible the proof of concept of the CORE-SL model, specifically in the phonological level of the Brazilian Sign Language, made up of configurations of hands point of articulation, palm orientation, facial and body expression. The signal cataloging tool provides a standard textual representation for the signals and provides for the use of intelligent avatar to interpret the signal entered through the tool. As the main expected result, we have an architecture with its central model of signal representation tested and revised for the future integration of the signals registered with different modules of the HCI-SL architecture, such as the Libras dictionary and machine translation.

Keywords: Libras, Deaf, Sign Language, Interaction.

Lista de Figuras

1.1	Arquitetura abstrata proposta pelo grupo IHC.	16
1.2	Modelo de integração proposto pelo grupo IHC e destaque da ferramenta proposta para este trabalho. Atualizada a partir de Outubro de 2018.	16
1.3	Processos realizados durante a simulação para a prova de conceito.	17
2.1	Estrutura do sinal de Libras no CMPL.	21
2.2	Estrutura da suspensão do sinal de Libras no CMPL.	21
2.3	Estrutura da mão dominante da suspensão do sinal de Libras no CMPL.	22
2.4	Estrutura da configuração de mão e de dedos da suspensão do sinal de Libras no CMPL.	22
2.5	Estrutura da configuração do dedo polegar na configuração da mão do sinal de Libras no CMPL.	23
2.6	Estrutura da configuração de contato que o dedo faz com outros dedos e exemplo de valores desse tipo de contato para o elemento configuração de polegar do sinal de Libras no CMPL.	23
2.7	Valores do elemento rotação do polegar no sinal de Libras no CMPL.	23
2.8	Estrutura da configuração do elemento de configuração do indicador no sinal de Libras no CMPL.	24
2.9	Exemplos de valores do elemento de configuração do indicador no sinal de Libras no CMPL.	24
2.10	Estrutura da locação de mão da suspensão do sinal de Libras no CMPL.	26
2.11	Estrutura da orientação de mão da suspensão do sinal de Libras no CMPL.	26
2.12	Estrutura do movimento local da mão na suspensão do sinal de Libras no CMPL.	27
2.13	Estrutura do movimento local dos dedos na suspensão do sinal de Libras no CMPL.	27
2.14	Estrutura da expressão não-manual do sinal de Libras no CMPL.	28
2.15	Estrutura do movimento do sinal de Libras no CMPL.	29
2.16	Estrutura da mão dominante no movimento do sinal de Libras no CMPL.	29
2.17	Camadas da Arquitetura do CORE-SL.	32
2.18	Diagrama de Sintaxe para as regras de produção do CORE-SL.	33
2.19	Exemplo de sinal interpretado pelo Avatar 3D a partir de modelo computacional de fonologia da Libras.	34
3.1	Diagrama de atividades para a funcionalidade de cadastramento da especificação de sinal.	41
3.2	Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal simples.	42
3.3	Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal sequencial.	42
3.4	Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal soletração.	43
3.5	Tela principal da funcionalidade de Visualização da descrição do sinal de Libras.	44

3.6	Tela de uma estrutura com alguns elementos do sinal cadastrado no formato JSON.	45
3.7	Tela de parte de um sinal cadastrado no formato XML.	46
3.8	Avatar e os pontos de articulação.	48
3.9	Ferramenta de edição de sinais com exemplo de edição de ponto de articulação.	49
3.10	Tela de login na ferramenta de geração de descrições de sinais.	50
3.11	Tela com preenchimento inicial no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.	51
3.12	Tela com preenchimento dos parâmetros de orientação da mão no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.	52
3.13	Tela com preenchimento dos parâmetros de Movimento no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.	52
3.14	Tela com animação do sinal “Você” através do avatar inteligente.	59
A.1	Estrutura do tipo de sinal no CORE-SL.	65
A.2	Estrutura do tipo de articulação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	66
A.3	Estrutura de mãos utilizadas na Suspensão de sinal no CORE-SL.	66
A.4	Estrutura da rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	67
A.5	Estrutura da flexão de rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	68
A.6	Estrutura do tipo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.	68
A.7	Estrutura de dedo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.	69
A.8	Estrutura de tipo de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.	70
A.9	Estrutura de direção de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.	70
A.10	Estrutura de flexão de dedo na Suspensão de sinal no CORE-SL.	71
A.11	Estrutura de junção na Suspensão de sinal no CORE-SL.	72
A.12	Estrutura da palma na Suspensão de sinal no CORE-SL.	72
A.13	Estrutura da direção dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.	73
A.14	Estrutura da rotação dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.	74
A.15	Estrutura do horizontal na Suspensão de sinal no CORE-SL.	74
A.16	Estrutura do vertical na Suspensão de sinal no CORE-SL.	75
A.17	Estrutura do cotovelo na Suspensão de sinal no CORE-SL.	76
A.18	Estrutura do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.	76
A.19	Estrutura da definição do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.	77
A.20	Estrutura da mão no Movimento de sinal no CORE-SL.	78
A.21	Estrutura do movimento simétrico no Movimento de sinal no CORE-SL.	78
A.22	Estrutura do tipo de trajeto no Movimento de sinal no CORE-SL.	79
A.23	Estrutura da forma no Movimento de sinal no CORE-SL.	80
A.24	Estrutura do plano no Movimento de sinal no CORE-SL.	80
A.25	Estrutura da direcionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	81
A.26	Estrutura de unidirecionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	82
A.27	Estrutura de velocidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	83
A.28	Estrutura de tensão no Movimento de sinal no CORE-SL.	83
A.29	Estrutura de extensão no Movimento de sinal no CORE-SL.	84
A.30	Estrutura de frequência no Movimento de sinal no CORE-SL.	85
A.31	Estrutura completa da mão dominante na suspensão do sinal de Libras no CMPL.	86
A.32	Estrutura completa da expressão não-manual do sinal de Libras no CMPL.	87
A.33	Estrutura completa do movimento do sinal de Libras no CMPL.	88
A.34	Estrutura completa do sinal composto do sinal de Libras no CMPL.	89

A.35 Definição formal dos elementos do CORE-SL: core-sl, sign, hold, manual, symmetry, hands e fingers. 90

A.36 Definição formal dos elementos do CORE-SL: fingers, joints e orientation. 91

A.37 Definição formal dos elementos do CORE-SL: location e non-manual features. 92

A.38 Definição formal dos elementos do CORE-SL: non-manual features, movement e local movement. 93

A.39 Definição formal dos elementos do CORE-SL: local movement e path movements. 94

A.40 Definição formal dos elementos do CORE-SL: path movements, identifier e handshape. 95

Lista de Tabelas

2.1	Valores pré-definidos para as locações de cabeça, tronco e mãos para o elemento locação no sinal de Libras no CMPL.	25
2.2	Valores para o atributo sentido, e para os elementos unidirecional e bidirecional do elemento direcionalidade para o movimento das mãos no sinal de Libras no CMPL. .	30
A.1	Descrições do tipo de sinal no CORE-SL.	65
A.2	Descrições do tipo de articulação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	66
A.3	Descrições de mãos utilizadas na Suspensão de sinal no CORE-SL.	67
A.4	Descrições da rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	67
A.5	Descrições da flexão de rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.	68
A.6	Descrições do tipo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.	69
A.7	Descrições de dedo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.	69
A.8	Descrições de tipo de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.	70
A.9	Descrições de direção de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.	71
A.10	Descrições de flexão de dedo na Suspensão de sinal no CORE-SL.	71
A.11	Descrições de junção na Suspensão de sinal no CORE-SL.	72
A.12	Descrições de palma na Suspensão de sinal no CORE-SL.	73
A.13	Descrições da direção dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.	73
A.14	Descrições da rotação dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.	74
A.15	Descrições do horizontal na Suspensão de sinal no CORE-SL.	75
A.16	Descrições do vertical na Suspensão de sinal no CORE-SL.	75
A.17	Descrições do cotovelo na Suspensão de sinal no CORE-SL.	76
A.18	Descrições do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.	77
A.19	Descrições da definição do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.	77
A.20	Descrições da mão no Movimento de sinal no CORE-SL.	78
A.21	Descrições do movimento simétrico no Movimento de sinal no CORE-SL.	79
A.22	Descrições do tipo de trajeto no Movimento de sinal no CORE-SL.	79
A.23	Descrições da forma no Movimento de sinal no CORE-SL.	80
A.24	Descrições do plano no Movimento de sinal no CORE-SL.	81
A.25	Descrições da direcionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	81
A.26	Descrições de unidirecionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	82
A.27	Descrições de velocidade no Movimento de sinal no CORE-SL.	83
A.28	Descrições de tensão no Movimento de sinal no CORE-SL.	84
A.29	Descrições de extensão no Movimento de sinal no CORE-SL.	84
A.30	Descrições de frequência no Movimento de sinal no CORE-SL.	85

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Motivação e Justificativa	14
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	Resultados Esperados	18
1.4	Organização do Trabalho	19
2	Trabalhos relacionados	20
2.1	Modelo Computacional da Fonologia de Libras - CMPL	20
2.1.1	Estrutura e Modelo	21
2.2	Modelo computacional para representação de sinais no modelo CORE-SL na arquitetura HCI-SL	31
2.3	Avatar 3D para a Síntese Automática de Sinais da Língua de Sinais Brasileira	33
2.4	Tecnologias voltadas a Surdos	35
3	Escolhas tecnológicas e solução construída	38
3.1	Escolhas tecnológicas	38
3.2	Solução construída	39
3.2.1	Ferramenta de especificação de descrições de sinais	39
3.2.2	Rumo ao avatar Inteligente	45
3.3	Em direção a uma prova de conceito	49
3.3.1	Simulação do sinal “Você”	50
4	Conclusão e trabalhos futuros	60
4.1	Conclusões	60
4.2	Pesquisa futura	61
	Referências	63
A	Anexos	65

Capítulo 1

Introdução

Segundo Valli e Lucas (2000) a língua é regida por regras do sistema de comunicação, o qual é utilizado para pessoas trocarem informações entre si. Assim, sem esse sistema as pessoas não conseguiriam realizar tal ação. A partir dessa afirmação, pode-se observar a importância da definição de regras para composição das línguas, suas características e a distinção entre os diversos componentes do sistema de comunicação.

Tais regras de composição da língua e os mecanismos vem sendo estudados por linguístas como Chomsky (1955), o qual afirma que uma pessoa que conhece uma língua domina um conjunto de regras e princípios que determinam um conjunto infinito e distinto de sentenças, onde cada uma destas tem uma forma fixa e um significado (ou possível significado). Isto remete ao conceito de “língua natural”, definido por Brito (1997) como:

“[...] estrutura que permite espontânea interação entre pessoas e expressão de qualquer conceito – descritivo, emotivo, racional, literal, metafórico, concreto, abstrato - enfim, permitem a expressão de qualquer significado decorrente da necessidade comunicativa e expressiva do ser humano.”

Quando a língua a que se referem estes conceitos é a língua de sinais, estes devem ser percebidos e empregados da mesma maneira como nas línguas orais, pois como afirma Felipe (2012) as principais diferenças na comunicação entre estes dois tipos de língua é que nas línguas de sinais acontece por meio do canal gestual-visual, ou seja, um locutor emite sinais (gestos) para um interlocutor que o apreende a partir da visão - daí ser uma língua gestual-visual, enquanto nas línguas dos ouvintes, como por exemplo a Língua Portuguesa, a língua é transmitida pelo locutor por meio de fonemas articulados em palavras/frases para um interlocutor que a apreende a partir da audição e da visão- daí ser língua oral-auditiva.

Emmorey (2002) defende que uma vez que as línguas de sinais são reconhecidas como línguas humanas naturais, um mundo de exploração se abre, pois as línguas de sinais dependem da percepção, da visão e de sistemas processamento motor, integrados às mãos, ao rosto e ao corpo em si para a elaboração e a recepção de tais sinais.

1.1 Motivação e Justificativa

Os surdos compõem minorias linguísticas em seus países em âmbito mundial, segundo a OMS (2012). As comunidades que fazem uso de uma língua de sinais, também chamadas comunidades Surdas e caracterizadas como comunidades linguísticas [Bigogno (2010)], enfrentam a falta de acesso à informação e ao conhecimento, afetando seu desenvolvimento cognitivo e o gozo de sua cidadania

plena. Isto se deve à predominância mundial de pessoas ouvintes e à vida em sociedade voltada para estas pessoas, em detrimento das minorias linguísticas.

Existem 360 milhões de pessoas (5% da população mundial) com algum nível de perda auditiva, e no do Brasil (2016), são mais de 9,7 milhões de pessoas (5,1% da população brasileira) com deficiência auditiva. No entanto, esses dados não separam as pessoas por faixa etária, contabilizando entre as pessoas surdas não somente as pessoas das comunidades Surdas mas também pessoas ouvintes que perderam a audição na velhice e ouvintes que utilizam aparelhos auditivos.

No Brasil, os Surdos têm a sua própria língua de sinais, a Língua Brasileira de Sinais (Libras). Os sinais que originaram essa língua já eram utilizados pelos Surdos do Brasil antes da sua oficialização. A Libras foi utilizada na educação de Surdos quando da criação da primeira escola para surdos no Brasil, o Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES) em 1857 [Felipe (2000)]. Além de ser utilizada como meio de comunicação entre os Surdos, a Libras é adotada na educação como língua mediadora da educação bilíngue (Libras e Língua Portuguesa escrita).

Pesquisadores da Universidade Federal do Paraná do grupo de Interação Humano-Computador (IHC) vem investigando o processamento da Libras em particular e das línguas de sinais em geral no projeto “Interface e interação em Libras”, no grupo de pesquisa “Design de Interação para a Inclusão e o Desenvolvimento Social”. O projeto integra premissas, estratégias metodológicas e arquitetura adequadas tanto do ponto de vista linguístico como computacional, além de considerar a língua como aquela que é efetivada em contextos sociais reais. A presente dissertação faz parte da arquitetura de integração proposta pelo grupo. A arquitetura (HCI-SL *Human Computer Interaction in Sign Languages*) consiste em dois elementos: uma arquitetura abstrata composta por quatro camadas (apresentada na figura 1.1) e um modelo de integração que apresenta os componentes - com destaque para o CORE-SL (*Sign Language architecture CORE*, modelo de representação computacional formal da fonologia da Libras), e suas inter-relações, que dão suporte à primeira. No entanto, para utilizar o modelo CORE-SL se faz necessária uma ferramenta para inserção das especificações de sinais, assim, permitindo viabilizar e centralizar as informações dos sinais para ser utilizado nos demais projetos do grupo IHC. A ferramenta construída durante a pesquisa desta dissertação é mostrada em destaque na figura 1.2 [García et al. (2013)].

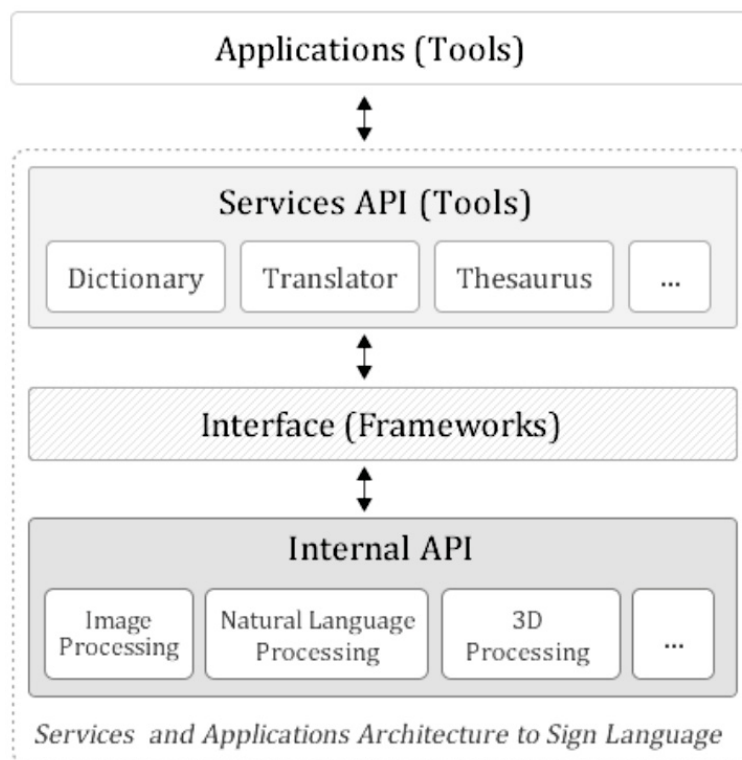


Figura 1.1: Arquitetura abstrata proposta pelo grupo IHC.

Fonte: García et al. (2013).

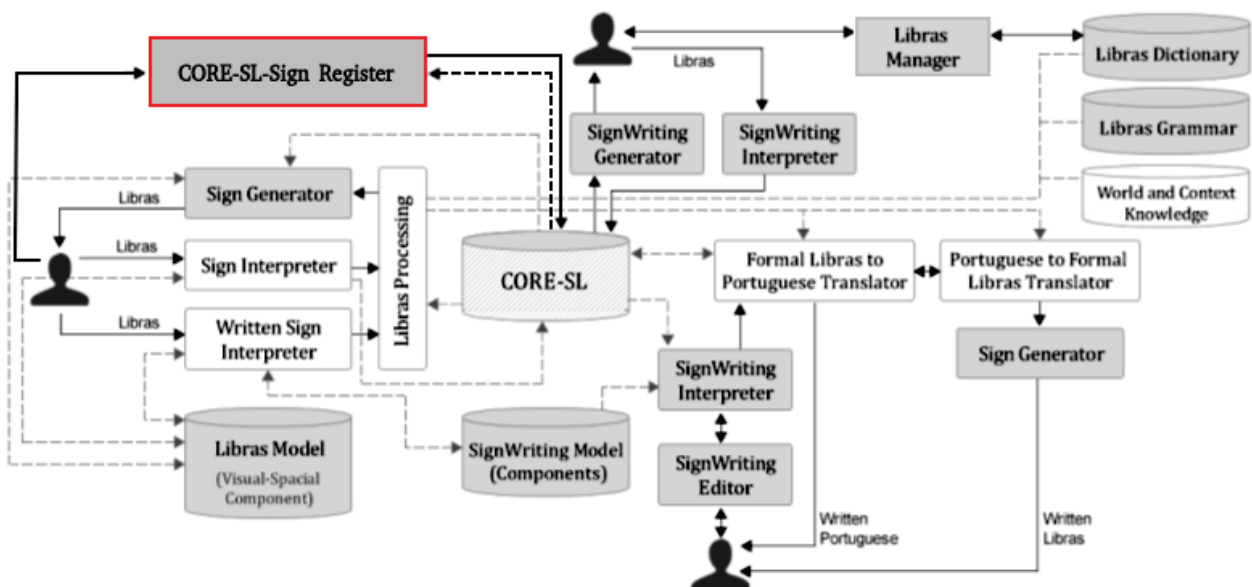


Figura 1.2: Modelo de integração proposto pelo grupo IHC e destaque da ferramenta proposta para este trabalho. Atualizada a partir de Outubro de 2018.

Fonte: García et al. (2013).

A proposta deste trabalho, concomitantemente as pesquisas do grupo IHC, prevê a viabilização para executar simulações para prova de conceito do modelo CORE-SL. A prova de conceito deve

englobar a especificação do sinal que é a entrada principal da simulação realizada, o modelo CORE-SL utilizado como meio de ligação e as saídas que são resultantes das representações pela animação através de avatar inteligente. Estes processos são apresentados na figura 1.3.

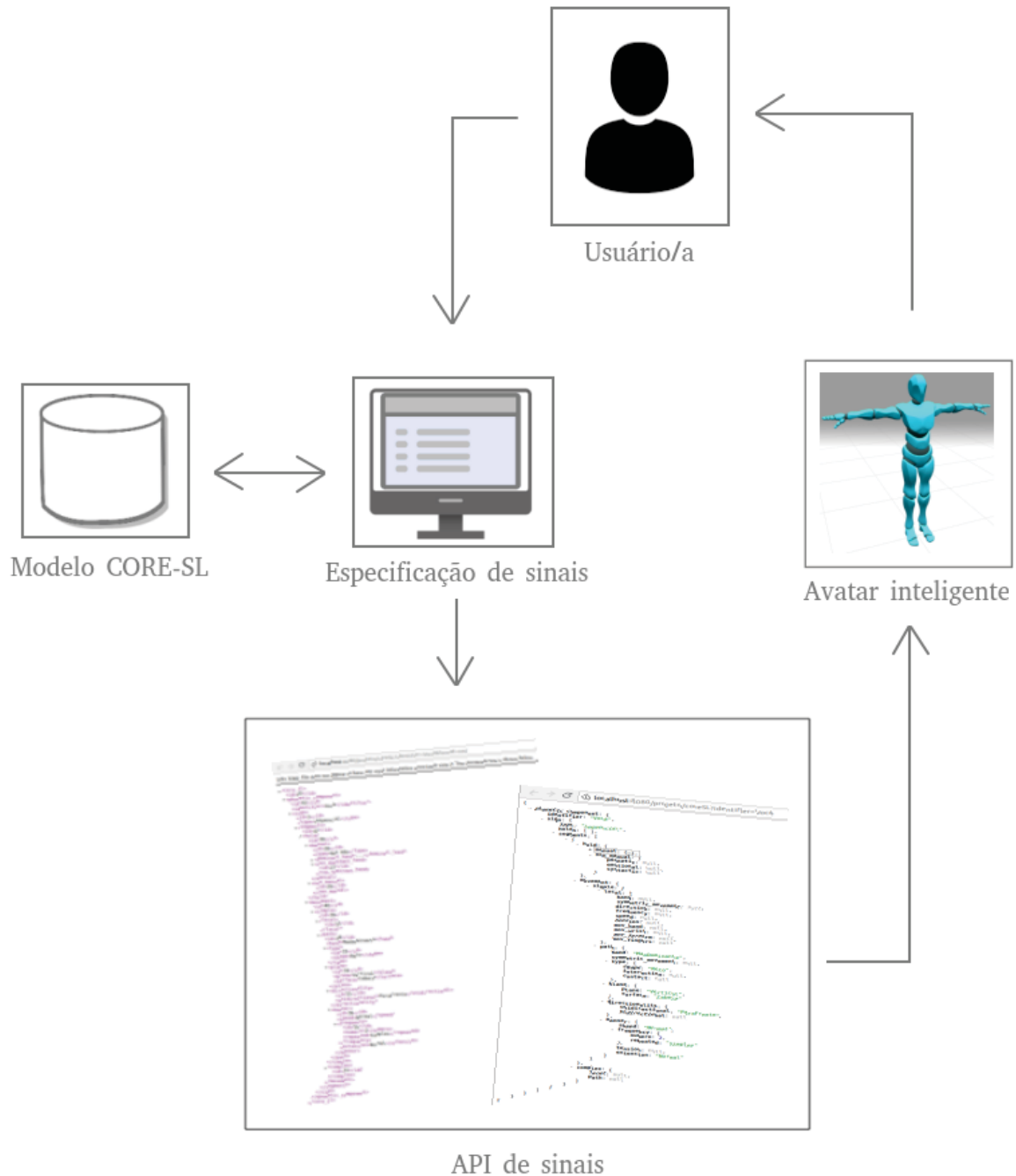


Figura 1.3: Processos realizados durante a simulação para a prova de conceito.

1.2 Objetivos

Esta seção apresenta os objetivos geral e específicos da dissertação.

1.2.1 Objetivo Geral

No contexto recém apresentado, o objetivo principal da dissertação consistiu em elaborar uma ferramenta capaz de permitir a especificação de um conjunto representativo de sinais da Libras no modelo computacional formal da fonologia da Libras CORE-SL da arquitetura de serviços HCI-SL, com enunciação do sinal por avatar inteligente¹.

1.2.2 Objetivos Específicos

O objetivo geral se desdobra nos objetivos específicos listados a seguir.

1. Conhecer os sinais da Libras e a forma como eles são estruturados fonologicamente;
2. Conhecer os componentes da arquitetura computacional HCI-SL que dá suporte ao tratamento da Libras;
3. Conhecer o Modelo Computacional para representação de sinais CORE-SL;
4. Selecionar um conjunto representativo de sinais em relação aos diversos parâmetros que os compõem;
5. Especificar os sinais selecionados segundo o modelo CORE-SL;
6. Desenvolver uma ferramenta que permita a especificação dos sinais da Libras pelo modelo CORE-SL e que permita sua extensibilidade.
7. Cadastrar os sinais selecionados por meio da ferramenta.
8. Desenvolver avatar inteligente para enunciação de sinais da Libras pelo modelo CORE-SL, sem componentes não-manuais.
9. Realizar simulação para prova de conceito de sinal cadastrado.

1.3 Resultados Esperados

Espera-se, ao final deste trabalho, poder contribuir, por meio da ferramenta de especificação dos sinais da Libras, para o aprimoramento do modelo CORE-SL e para o desenvolvimento de novas ferramentas da arquitetura HCI-SL, sanando o problema de falta de ambiente de acesso ao modelo formal do CORE-SL. Outra contribuição é a extensibilidade do modelo CORE-SL possibilitada por meio de tecnologias escolhidas no desenvolvimento da ferramenta, como inversão de controle² e injeção de dependência³.

Como esta pesquisa se insere no projeto Interface e Interação em Libras, que visa proporcionar as condições para a tradução automática Língua Portuguesa escrita – Língua Brasileira de Sinais, espera-se que esta ferramenta possa servir de base, futuramente, para a especificação dos traços morfo-sintáticos dos sinais da Libras necessários a uma interpretação realista dos sinais.

¹Avatar inteligente: corresponde a um modelo virtual 3D que possui algoritmos para enunciar sinais mediante entrada de descrição de sinal da Libras que estejam no modelo computacional formal CORE-SL.

²Inversão de controle: é um padrão de programação na qual o controle de instâncias de uma determinada classe deve ser tratada externamente e não dentro da classe, assim, o controle de uma classe é delegado a outra classe, interface, componente ou serviço.

³Injeção de dependência: é a forma de implementação da inversão de controle, a qual consiste de adicionar as dependências necessárias de classes que executam tarefas desejadas nas classes que as instanciam, mantendo o baixo acoplamento entre estas.

1.4 Organização do Trabalho

O restante deste documento está organizado como segue. O Capítulo 2 (Trabalhos relacionados), aborda tecnologias computacionais voltadas aos Surdos com foco na tradução e na descrição computacional de línguas de sinais. Apresenta também o modelo CORE-SL, assim como exemplos de ferramentas que permitem a geração de sinais. O Capítulo 3 (Escolhas tecnológicas e solução construída) apresenta detalhadamente o processo de pesquisa que culminou na ferramenta. Descreve, também, as simulações realizadas na direção da prova de conceito do modelo CORE-SL, desde o cadastro de um sinal até as decisões tomadas para uma alternativa de animação do avatar inteligente a partir da especificação do sinal no CORE-SL. Finalmente, o Capítulo 4 (Conclusões e trabalhos futuros) traça algumas considerações sobre o trabalho realizado e proporciona algumas recomendações para futuros trabalhos.

Capítulo 2

Trabalhos relacionados

Existem várias tecnologias e diferentes abordagens voltadas às comunidades Surdas, com diversas representações e conceitos considerados para atender a fins específicos. No entanto, o processo associado ao desenvolvimento da maioria destas tecnologias ou não envolveu de forma continuada a participação de representantes genuínos das comunidades Surdas ou de pesquisadores da área de Linguística da Libras, ou teve o investimento público descontinuado. Ambos os casos determinam a sub-utilização ou, até, a impossibilidade da apropriação dos artefatos para uso real pelas comunidades alvo.

Este capítulo descreve o modelo CMPL que deu origem ao modelo CORE-SL, também apresentado, e os artefatos tecnológicos para Surdos de maior projeção nacional, analisando cada um deles.

2.1 Modelo Computacional da Fonologia de Libras - CMPL

A Libras é o principal elo entre os surdos e seu desenvolvimento, suas necessidades e inclusão na sociedade. As tecnologias são vistas como ferramentas e aplicações para auxílio e utilização dos surdos, nesse sentido, devem ser desenvolvidas sob as considerações, avaliações e validações destes, pois, como os surdos serão as pessoas que utilizarão, também entendem como deve ser elaboradas, atendendo sua reais necessidades.

Com isso, foi desenvolvido pelo pesquisador Diego Roberto Antunes do grupo Interação Humano-Computador (IHC) da Universidade Federal do Paraná, sob orientação da Professora Laura Sánchez García o Modelo Computacional da Fonologia de Libras, em Inglês, *Computational Model of the Phonology of Libras* (CMPL). Este modelo consiste em descrever computacionalmente os aspectos fonológicos dos sinais da Libras através do seu nome e de quatro elementos principais: suspensão, expressão não-manual, movimento e sinal composto. Estes elementos serão detalhados a seguir.

O CMPL é um dos principais elementos do modelo de integração proposto pelo grupo IHC (já exibido na figura 1.2), pois exerce o papel de descrever computacionalmente o sinal da Libras, principal objeto relacionado a uma das linhas de pesquisa do grupo, além disso, é o modelo a ser utilizado pelos outros elementos e ferramentas presentes.

Os objetivos para elaboração e desenvolvimento do modelo, são: o principal, auxiliar os surdos no efetivo exercício da cidadania, e secundários, como representar os aspectos gesto-visuais que constituem o sinal de Libras, além disso, ser um modelo capaz de agregar flexibilidade e robustez no tratamento computacional para a construção de ferramentas e aplicações voltadas aos surdos.

2.1.1 Estrutura e Modelo

A estrutura do modelo fonológico é constituída por elementos, atributos e valores, utilizando a linguagem XML para definir a estrutura hierárquica de forma computacional, esta estrutura segue a estrutura fonológica conceitual.

O sinal da Libras é o elemento principal no modelo, é definido a partir do atributo nome e de quatro elementos: suspensão, expressão não-manual, movimento e sinal composto. A estrutura do sinal é apresentada na figura 2.1 [Antunes (2011)].

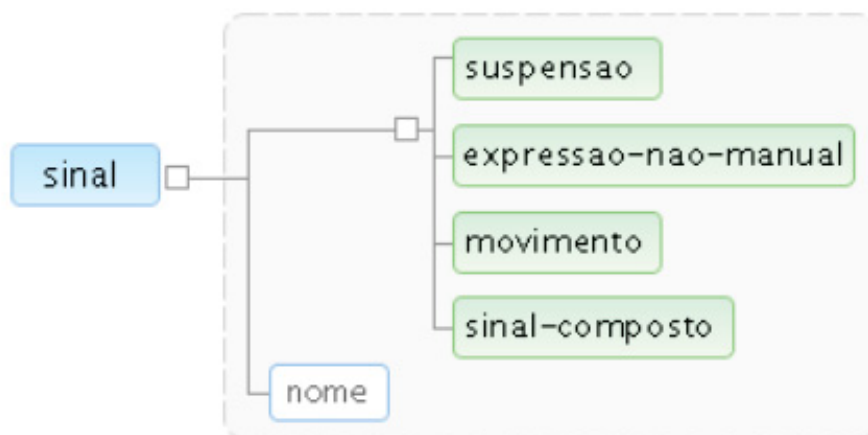


Figura 2.1: Estrutura do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

Elemento Suspensão

O elemento suspensão possui um atributo chamado de sequência, o qual determina o número de sequência de cada suspensão realizada no sinal, além disso, possui dois elementos, a mão dominante e a mão não-dominante, conforme a figura 2.2 [Antunes (2011)].

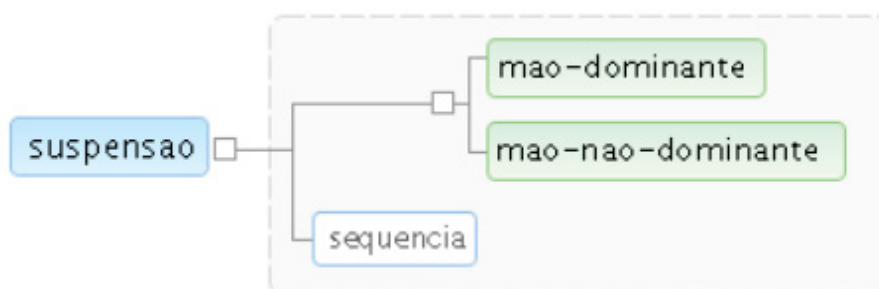


Figura 2.2: Estrutura da suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

Os elementos mão dominante e a mão não-dominante são definidos de forma similar, cada um deles é composto por quatro elementos: configuração de mão, locação, orientação e movimento local. A figura 2.3 apresenta a estrutura da mão dominante [Antunes (2011)].

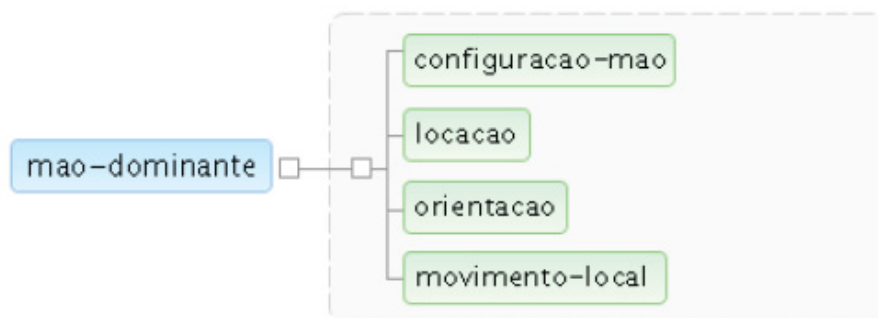


Figura 2.3: Estrutura da mão dominante da suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

O elemento de configuração de mão presente nas mãos dominante e não-dominante representa a articulação da mão durante a sinalização. Ela é definida pelos atributos articulação da mão, orientação do braço e pelo elemento de configurações dos dedos da mão utilizada.

O elemento de configurações dos dedos define como cada dedo está disposto em relação a configuração da mão. Como cada dedo da mão é configurado de forma específica, este elemento é dividido em cinco elementos, representando cada dedo, são as configurações de polegar, indicador, médio, anelar e mínimo. As estruturas dos elementos de configuração de mão e dos dedos são apresentadas na figura 2.4 [Antunes (2011)].



Figura 2.4: Estrutura da configuração de mão e de dedos da suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

O elemento de configuração de polegar possui os elementos de configuração de contato que o polegar faz com os demais dedos, e a rotação que descreve como o dedo está disposto, conforme está apresentado na figura 2.5. O elemento de configuração de contato, apresentado na figura 2.6, possui o atributo de dedo, pois especifica o dedo que o polegar faz contato. Já o elemento rotação, é composto pelos elementos adjacente e paralelo. Os elementos adjacente e paralelo descrevem, respectivamente, se o dedo polegar está adjacente ao lado dos dedos ou paralela a palma da mão. Os valores destes elementos são apresentados na figura 2.7.

Os elementos de configuração dos dedos indicador, médio, anelar e mínimo possuem a mesma especificação estrutural, definidos pela disposição e pelo relaxamento do músculo, conforme apresentado na figura 2.8. Alguns exemplos de valores da disposição do dedo indicador são apresentados na figura 2.9.

Definidos os elementos da configuração da mão e seguindo-se o próximo elemento a ser especificado nas mãos dominante e não-dominante, de acordo com a figura 2.3, o elemento de locação da mão corresponde ao local onde a mão é articulada durante o sinal, é determinado pelos elementos



Figura 2.5: Estrutura da configuração do dedo polegar na configuração da mão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).



Figura 2.6: Estrutura da configuração de contato que o dedo faz com outros dedos e exemplo de valores desse tipo de contato para o elemento configuração de polegar do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).



Figura 2.7: Valores do elemento rotação do polegar no sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

de locação na cabeça, no tronco, na mão, ou em algum espaço em torno do sinalizador, além disso, este

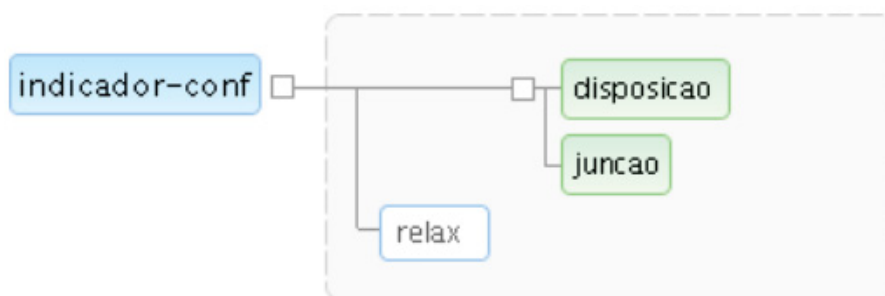


Figura 2.8: Estrutura da configuração do elemento de configuração do indicador no sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).



Figura 2.9: Exemplos de valores do elemento de configuração do indicador no sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

elemento também possui dois atributos, o primeiro que define o lado do corpo no qual o sinal está sendo articulado e o segundo que define uma variação do local da articulação, como por exemplo, o local do sinal pode estar acima da cabeça. O elemento locação é apresentado na figura 2.10

Os elementos de locação de tronco, de cabeça e de mãos têm valores de atributos pré-definidos, estes são apresentados na tabela 2.1. Porém, a locação da mão deve descrever os pontos particulares de cada dedo, por isso, possui um elemento a mais que os outros dois elementos, o elemento de locação dos dedos. O elemento de locação de dedos é dividido em outros cinco elementos de locação de dedos específicos: polegar, indicador, médio, anelar e mínimo. Também existem valores pré-definidos para estes elementos: “ponta”, “almofada”, “unha”, “palma”, “dorso”, “lado” e “entre os lados” [Antunes (2011)].

O elemento de locação de espaço é definido como espaço neutro, ou seja, um local específico no espaço, sua estrutura é dada pela proximidade e pela relação espacial. O elemento proximidade indica a distância das mãos em relação a algum ponto do corpo, já a relação espacial descreve o local em relação a lateralidade e o ponto do corpo de referência para o posicionamento das mãos no espaço, por isso, este elemento possui outros dois elementos que definem este comportamento: o deslocamento ipsilateral e a localização central.

Outro elemento pertencente a configuração das mãos dominante e não-dominante é o elemento de orientação. Este elemento, apresentado na figura 2.11, é caracterizado por descrever a direção da palma da mão durante a execução do sinal. Para isso, possui o elemento palma, com valores pré-definidos (“para frente”, “para trás”, “para esquerda”, “para direita”, “para cima” e “para baixo”), e o atributo mão, para descrever se a mão está na vertical ou horizontal.

O último elemento que compõe a configuração das mãos dominante e não-dominante é o elemento de movimento local. Ele define o movimento interno realizado no sinal de suspensão

<cabeca-loc>	<tronco-loc>	<mao-loc>
cabeça (topo) cabeça (lado) testa testa (lado) rosto parte superior do rosto parte inferior do rosto orelha olhos nariz (ponta) nariz (lado) nariz boca língua língua (ponta) lábios lábio (superior) lábio (inferior) bochecha dente queixo sobrancelha	pescoço ombro peito estômago cintura braço braço (dobra) braço (parte interna) braço (parte externa) antebraço abdômen cotovelo pulso coxa umbigo	palma dorso (costas das mãos) base dedos dedos (pontas) dedos (dorso) lado (indicador) lado (mínimo)

Tabela 2.1: Valores pré-definidos para as locações de cabeça, tronco e mãos para o elemento locação no sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

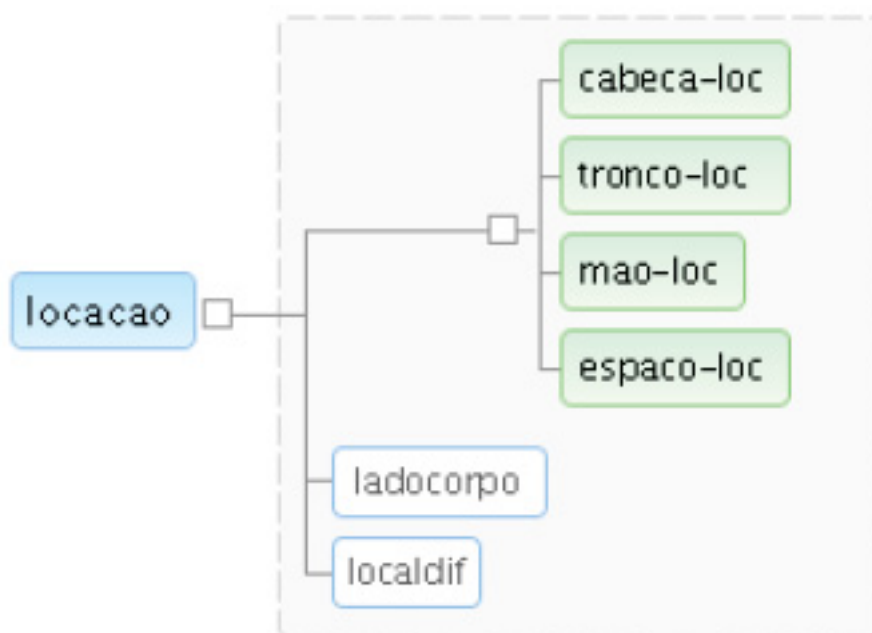


Figura 2.10: Estrutura da locação de mão da suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

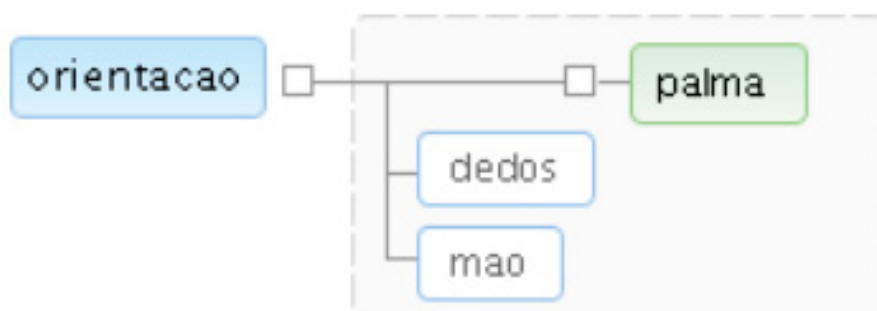


Figura 2.11: Estrutura da orientação de mão da suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

(inexistência de movimento) da mão e é apresentado na figura 2.12. Possui os atributos de frequência, sentido, relação entre as mãos, velocidade e tensão. A frequência representa o número de repetições do movimento, o sentido para descrever quando o movimento local é circular nos sentidos horário ou anti-horário, a relação entre as mãos durante o movimento, a velocidade que define se é rápida, lenta ou normal, e a tensão utilizada (tocar, bater ou esfregar). Além disso, possui os elementos de movimento da mão, dos dedos, do pulso e do antebraço.

Os elementos de movimento local das mãos e do antebraço possuem valores pré-definidos, para as mãos são: tremular, rotação, círculos (horizontal), círculos (vertical) e esfregar. Já para o antebraço os movimentos locais são: oscilação (para cima e baixo), oscilação (para os lados), oscilação (para frente), oscilação (para trás), oscilação (para frente e trás), rotação, torcedura, para cima, para baixo.

Para os elementos de movimento local dos dedos e pulso, os seus elementos são compostos por mais de um elemento. No caso dos movimentos locais de dedos a representação é constituída pelo movimento de cada dedo, assim como apresentado na sua estrutura na figura 2.13 e cada movimento de

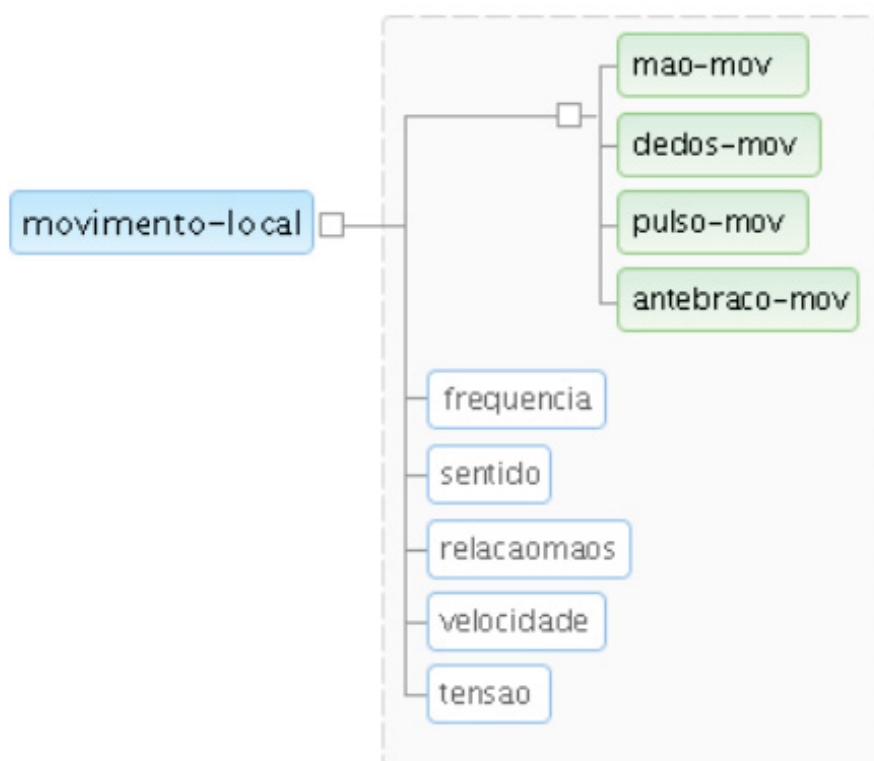


Figura 2.12: Estrutura do movimento local da mão na suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

dedo possui os seguintes valores: tamborilar, circular, oscilação (unir e afastar - lados), oscilação (unir e afastar), unir dedos, afastar dedos, esfregar, curvar, flexionar (dobrar), flexionar (dobrar) alternadamente, distender, alternar, fechar um a um (início mínimo), fechar um a um (início polegar), mover um a um, abrir.

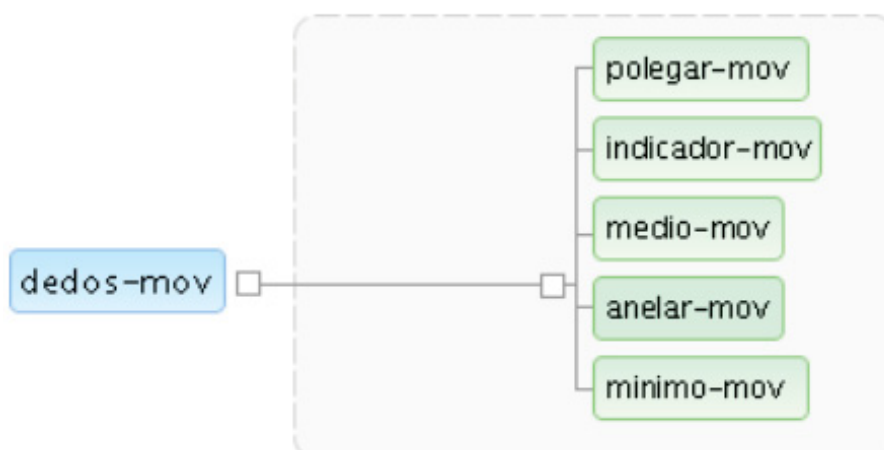


Figura 2.13: Estrutura do movimento local dos dedos na suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

O elemento de movimento local do pulso é definido pelo dobramento e torcedura. O dobramento pode ser para cima, para baixo, para frente, para trás, para esquerda, para direita, para

cima e para baixo, para frente e para trás, para esquerda ou para direita. Já a torcedura pode ser por rotação, torcer, girar para direita ou girar para esquerda.

Elemento Expressão não-manual

O elemento expressão não-manual possui um atributo sequência, o qual determina o número de sequência da expressão realizada, além disso, possui quatro elementos, expressões faciais específicas, o rosto, a cabeça e o tronco, conforme a figura 2.14 [Antunes (2011)].

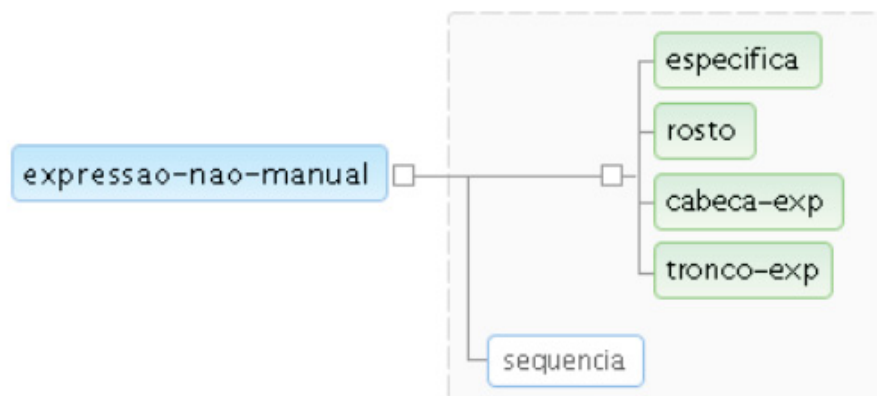


Figura 2.14: Estrutura da expressão não-manual do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

O elemento expressão facial específica possui valores pré-definidos, são: tristeza, alegria, felicidade, sorrindo, brava, dúvida, indiferença, desconforto, afetiva (chorar de emoção), afetiva (chorar de tristeza), afetiva, choro, raiva, interrogativa, confirmação (sim), confirmação (não), exclamativa, negativa, assentimento, afirmativa, decepção, preocupação e medo.

O elemento do rosto é definido por dois elementos, parte superior e parte inferior. A parte superior é o elemento que tem os seguintes valores: sobrancelhas franzidas, olhos arregalados, olhos fechados, olhos semiabertos, lance de olhos, sobrancelhas levantadas, piscar o olho, testa franzida e olhos cerrados. Já a parte inferior possui os seguintes valores: bochechas infladas, bochechas infladas e assoprar, bochechas contraída, lábios contraídos e projetados, correr da língua contra a parte inferior interna da bochecha, apenas bochecha direita inflada, contração do lábio superior, franzir o nariz, boca aberta, boca semiaberta, dentes cerrados, lábios cerrados, língua para fora, lábios protuberantes, vibrar língua na boca (lábios protuberantes), mostrando ponta da língua, mostrando os dentes, boca torta para baixo, apenas bochecha esquerda inflada, correr da língua contra o lábio inferior, correr da língua contra o lábio superior, correr da língua contra os lábios.

Similarmente aos elementos anteriores, os últimos dois elementos da expressão não-manual também possuem elementos pré-definidos, para a expressão de cabeça são: balanceamento para frente e trás (sim), balanceamento para os lados (não), inclinação para frente, inclinação para o lado direito, inclinação para o lado esquerdo e inclinação para trás. E para o tronco: balanceamento alternando os ombros, balanceamento simultâneo dos ombros, balanceamento de um único ombro, tremular, para frente, para trás.

Elemento Movimento

O elemento de movimento, além de possuir o atributo de sequência, assim como os elementos de suspensão e expressão não-manual, ainda possui os elementos de mão dominante e de mão

não-dominante (como também definido na suspensão), e a relação entre elas, conforme a figura 2.15 [Antunes (2011)].

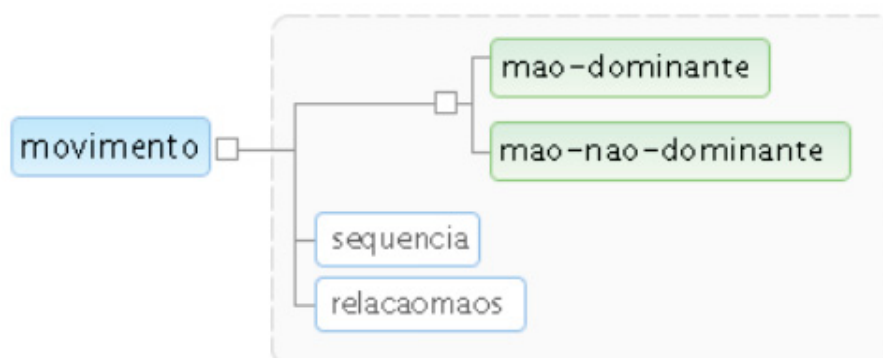


Figura 2.15: Estrutura do movimento do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

As mãos dominante e não-dominante têm estruturas semelhantes, são divididas nos elementos tipo, qualidade, direcionalidade, plano, frequência e movimento local. Esta estrutura é apresentada na figura 2.16. O tipo de movimento realizado pelas mãos é composto por três elementos: contorno, interação e contato. O elemento contorno representa a trajetória do movimento, definido pelo atributo sentido (caso o movimento seja circular, horário ou anti-horário) e pelos valores: reto, espiral, circular, arco, ondulatório, zigue zague, pontual. Para o elemento interação de movimento, os valores são: alternado, aproximação, separação, inserção e cruzado. E o último elemento das mãos no movimento é o contato, para descrever os movimentos que possuem algum tipo de contato, definido pelo atributo local e pelos valores: de ligação, de agarrar, de deslizamento, de toque, de esfregar, de riscar e de escovar (pincelar).

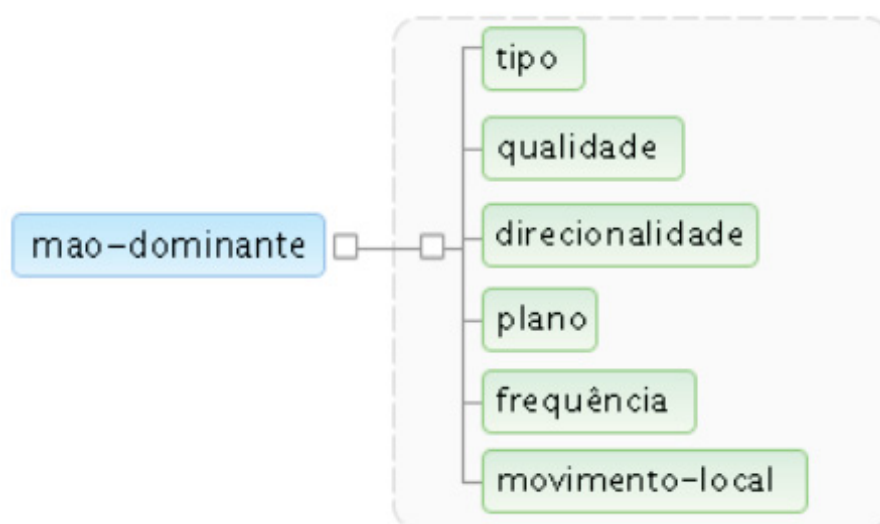


Figura 2.16: Estrutura da mão dominante no movimento do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Antunes (2011).

A qualidade do movimento pelas mãos é representado pelos elementos de extensão, temporal, tensão e velocidade. O elemento extensão do movimento pode ser do tipo normal, curta ou longa. O elemento temporal descreve o aspecto de tempo, podendo ser prolongado, acelerado ou reduzido. Já a

tensão do movimento pode ser bater, bater com força, ou com força. Para a velocidade, os valores são: normal, contínua, de retenção, refreado, rápida ou lenta.

O elemento direcionalidade do movimento descreve a direção das mãos pelo atributo sentido e pelos elementos unidirecional e bidirecional. Os valores para estes componentes são apresentados na tabela 2.2.

sentido	queixo, pescoço, orelha, nariz, olhos, cabeça, boca, testa, ombros, peito, estômago, abdômen, cabeça(topo), testa (lado), cabeça (lado), cotovelo, pulso, dedos
unidirecional	para cima, para baixo, para frente, para trás, para direita, para esquerda, para direita e para baixo (diagonal), para direita e para cima (diagonal), para esquerda e para baixo (diagonal), para esquerda e para cima (diagonal), para esquerda e para frente (diagonal), para esquerda e para trás (diagonal), para direita e para frente (diagonal), para direita e para trás (diagonal), para frente e para baixo, para frente e para cima, para baixo e para trás, para cima e para trás
bidirecional	para cima, para baixo; para esquerda, para direita; para frente, para trás; para baixo, para cima; para direita, para esquerda; para trás, para frente

Tabela 2.2: Valores para o atributo sentido, e para os elementos unidirecional e bidirecional do elemento direcionalidade para o movimento das mãos no sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

O elemento plano representa o plano no qual o movimento é articulado, podendo variar o local de referência do plano de superfície. Os valores do plano são vertical, horizontal, superfície, oblíquo ou linha medial. Já para o local, são: cabeça (topo), cabeça, testa, testa (lado), olhos, nariz, boca, queixo, rosto, bochecha, pescoço, peito, mão (palma), mão (dorso), mão (dedos), braço, estômago, abdômen.

Para o elemento frequência do movimento, esta consiste em dizer se o sinal é simples ou repetido. Possui um atributo de número para especificar a quantidade de vezes que o movimento é repetido, caso seja desse tipo.

O último elemento é o movimento local, este elemento já foi descrito na subseção anterior, representado os movimentos locais dos dedos, mão e pulsos sem trajetória no espaço.

Elemento Sinal Composto

O elemento sinal composto faz referência aos sinais que podem ser compostos por outros sinais, como por exemplo, o sinal de IGREJA, que só é possível de realizar através dos sinais de CASA e CRUZ. Este elemento possui como atributo a sequência, o qual determina a sequência de cada sinal a ser realizado para formar o sinal composto, e o próprio sinal [Antunes (2011)].

O modelo apresentado traz grandes possibilidades de utilização devido aos níveis de especificação e pesquisas realizadas, por isso, foi escolhido como modelo para desenvolvimento dos protótipos na proposta deste trabalho.

A especificação do modelo contém 69 elementos entre os diferentes níveis e 22 atributos criados para detalhar cada elemento principal. As especificações completas estão divididas e apresentadas nas figuras A.31, A.32, A.33 e A.34, presentes como anexos neste trabalho.

Devido ao modelo ser sequencial e atender a representação dos conceitos fonológicos dos sinais de Libras, principalmente, no que diz respeito a simultaneidade e sequencialidade, torna-se possível representar qualquer sinal no modelo, e ainda ser adaptável a novos sinais.

2.2 Modelo computacional para representação de sinais no modelo CORE-SL na arquitetura HCI-SL

O CORE-SL, em Inglês, *COmputational Model for REpresentation of Sign Language* é um dos principais elementos do modelo de integração proposto pelo grupo IHC (já exibido na figura 1.2), pois exerce "[...] o papel de funcionar como um núcleo computacional na arquitetura atuando como um protocolo comum entre os serviços para as questões de representação, de armazenamento, de indexação e busca.[...]" [Antunes (2015)].

O CORE-SL é o modelo desenvolvido pelo pesquisador Diego Roberto Antunes sob orientação da Professora Laura Sánchez García. Foi construído por meio de um framework composto de seis componentes: contextual, conceitual, formal, físico, externo e de aplicação. Cada componente apresenta e descreve conceitos, métodos, propriedades formais e recursos para compor o modelo computacional para representação de sinais.

O componente **contextual** descreve o contexto no qual o modelo é aplicado, devendo-se conhecer os usuários, suas necessidades e atividades, e conhecimento sobre a tecnologia. O componente **conceitual** descreve a estrutura organizacional e a metodologia para desenvolvimento do modelo, fornecendo toda a base de conceitos para representar computacionalmente um sinal de língua de sinais. Já o componente **formal** descreve o processo para criação de regras formais em meta-linguagem para analisar e apresentar como as regras devem ser construídas. No componente **físico**, são tratadas as características internas do modelo, como armazenamento, indexação de sinais e desempenho estrutural. O componente **externo** visa a discussão de propriedades externas a serem incluídas para aplicação do modelo em diversos contextos da Arquitetura HCI-SL. Já para o componente **aplicação**, são apresentados frameworks e métodos que utilizam o modelo CORE-SL, com abordagem de solucionar problemas específicos na arquitetura [Antunes (2015)].

A abrangência de uso computacional do modelo CORE-SL também é apresentado na tese de doutorado de Antunes (2015), e é importante devido a especificar onde o modelo permeia em relação as questões computacionais de línguas de sinais, sendo elas: Sistema de Escrita de Sinais, Sistema de Transcrição e Sistema de Codificação. O CORE-SL inclui tais sistemas em sua abrangência, assim, deve ser possível gerar saídas do modelo nestes sistemas, além disso, as aplicações desenvolvidas e baseadas no modelo podem possibilitar a inclusão de demais tipos de sistemas das línguas de sinais.

A arquitetura do CORE-SL apresentada na figura 2.17, define e trata os papéis e conceitos para uso do CORE-SL. O modelo descreve e representa computacionalmente a fonologia da Libras e permite a sua extensão para abrigar, também, os demais níveis de análise linguística. O Modelo dá suporte a todos os módulos, construídos, em construção e futuros, associados à arquitetura HCI-SL.

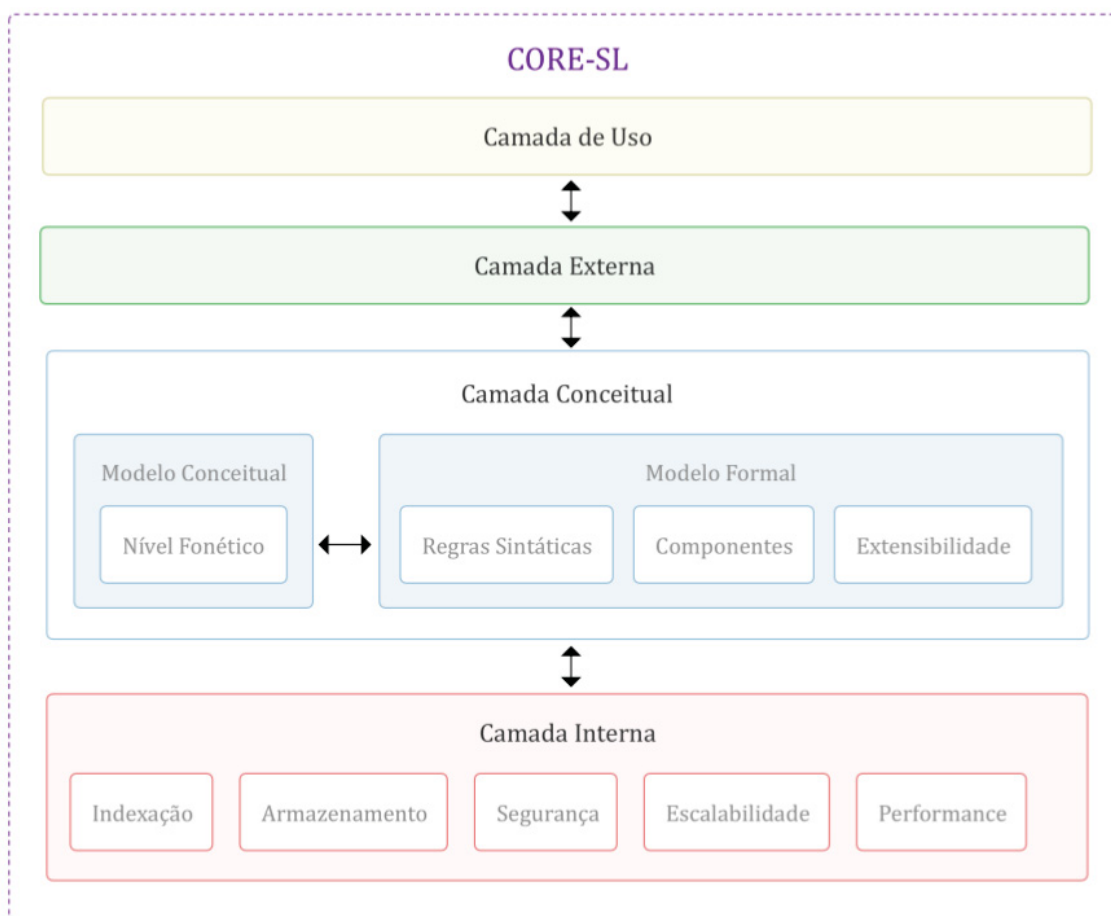


Figura 2.17: Camadas da Arquitetura do CORE-SL.

Fonte: Antunes (2015).

Nessa arquitetura são apresentadas diversas camadas, na qual a camada conceitual especifica o modelo de duas formas, um modelo conceitual e um modelo formal. No presente trabalho, o modelo formal é tomado como base, por apresentar os elementos e as regras de maneira definida.

Os objetivos para a elaboração e o desenvolvimento do Modelo foram: propor um modelo computacional para a representação da fonologia dos sinais da Libras considerando propriedades formais e condições de uso para sua aplicabilidade na Arquitetura HCI-SL, especificar um framework para a construção do modelo e analisar os contextos do seu uso. O Modelo apresenta propriedades formais que agregam flexibilidade e robustez no tratamento computacional para a construção de ferramentas e aplicações voltadas aos Surdos.

A estrutura do modelo formal é constituída por elementos e valores, sendo descritos pelo Formalismo de Backus-Naur Estendido, ou EBNF, e por diagramas de sintaxe para definir a estrutura hierárquica de forma computacional. Esta estrutura segue a estrutura fonológica apresentada por Antunes (2011), o qual descreve no capítulo 3 de seu trabalho de dissertação a Língua Brasileira de Sinais, composta a nível fonológico de Configuração de Mão, Locação (Ponto de Articulação), Orientação da Palma, Movimento e Expressões não-manuais.

O componente fonológico da Libras é o elemento principal no modelo CORE-SL. Ele é composto por um identificador e o sinal que, por sua vez, define o tipo de sinal (simples, sequencial ou de soletração) e, a partir disso, os elementos de cada tipo, tais como suspensões ou segmentos. A estrutura do CORE-SL é apresentada na figura 2.18 [Antunes (2015)] contendo os diagramas de sintaxe para as regras de produção.

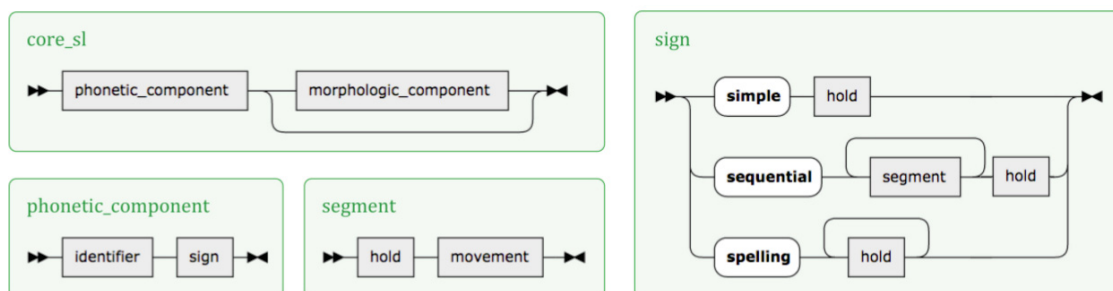


Figura 2.18: Diagrama de Sintaxe para as regras de produção do CORE-SL.

Fonte: Antunes (2015).

Com estas regras de produção definidas, é apresentado como utilizar o modelo CORE-SL, e até mesmo como desenvolver aplicações que seguem as regras formais. O modelo que segue estas regras formais são apresentadas no apêndice deste trabalho, nas figuras A.35, A.36, A.37, A.38, A.39 e A.40.

2.3 Avatar 3D para a Síntese Automática de Sinais da Língua de Sinais Brasileira

Com o desenvolvimento do modelo computacional de fonologia da Libras e do CORE-SL pelo grupo IHC, houve a necessidade de interpretar as descrições de sinais em um formato fornecido pelo modelo, geralmente utilizando-se a linguagem XML e/ou JSON. Para isso, foi desenvolvido um avatar 3D por um membro da UFPR e participante do grupo de trabalho sobre arquitetura HCI-SL Diego Addan Gonçalves durante seu trabalho de mestrado [Gonçalves (2012)].

Neste trabalho o autor fez a modelagem do avatar, exibindo os passos para cumprimento de tal tarefa. Segundo Gonçalves (2012), a criação da modelagem consistiu de:

“[...] desenho da malha do avatar, escolha da técnica de modelagem do avatar, definição dos pontos de articulação, construção do *rigging*, que é a estrutura utilizada no processo de animação e sua ligação com a malha do objeto e as reações da malha ao movimento da estrutura controladora ligada a ela.”

A técnica de modelagem utilizada para construção da malha 3D é a chamada *poly-by-poly*, na qual inicia-se o modelo com um polígono, e a partir deste, são duplicadas suas arestas e reposicionadas para formar a malha. Outra técnica utilizada pelo autor na modelagem é o *box modeling*, técnica que dá forma ao objeto construído, a partir de um cubo 3D (primitiva de softwares 3D para construção de malhas 3D) é possível subdividir as faces do polígono conforme contorno desejado arrastando as arestas no software de construção. Para auxiliar no realismo do modelo, foi utilizada uma técnica adicional chamada *edge loop*, esta técnica auxilia na simulação de fibras de músculos através da distorção de polígonos de duas formas de tensão, tensão poligonal e tensão de movimento, na primeira é realizada a contração de parte da malha e na segunda é feita a duplicação de polígonos para suavizar o modelo.

Para controlar o modelo foram criados objetos controladores que são ligados a malha 3D, estes objetos são chamados *bones*. Antes da aplicação dos *bones* foi necessário identificar quais pontos de articulação o modelo deve ter para ser animado, sendo definidos os seguintes pontos: pescoço, tronco, ombro, cotovelo, pulso e duas articulações para cada dedo. Com os pontos definidos foi integrado o sistema de pontos a malha 3D, para isso, foram utilizadas as configurações por peso dos vértices em

relação aos *bones*, onde cada configuração consiste de selecionar a cadeia de vértices que responde ao movimento de determinado ponto.

Com esta modelagem, foi possível simular os pontos de contato e as articulações do corpo humano, representando de maneira realista as configurações de mãos e os movimentos humanos de forma adequada. Em seguida, para visualizar as cores, texturas e efeitos foram aplicados mapeamentos e texturização do avatar 3D, visando estar apto aos controles necessários para a síntese de sinais da Libras.

Na etapa de mapeamento e texturização foram utilizados materiais para envolver todo o modelo, apresentando cores, texturas e efeitos, como rugosidade, aspecto metálico, entre outros. De acordo com o material utilizado é possível verificar como o modelo reage à luz, identificando-se as características de brilho, opacidade, relevo e refração do material que influenciam diretamente na superfície do objeto.

Após estas etapas, foi realizada a interpretação dos parâmetros das descrições de sinais do modelo formal descrito em XML e transcrição para o avatar 3D a partir do uso de um interpretador. Esta etapa teve por objetivo, transformar os parâmetros do modelo em comandos para a execução automática de sinais por meio do Avatar 3D, assim, pode-se realizar a sinalização.

A construção deste interpretador foi realizada de forma a ler o arquivo de entrada de descrição de sinal no formato XML de forma hierárquica na qual os elementos estão dispostos, em seguida, é utilizado um analisador sintático para interpretação da descrição do sinal, e por fim é realizada a classificação dos elementos para ser utilizado na síntese automática pelo Avatar 3D.

Na figura 2.19 é apresentado um exemplo de interpretação de sinal pelo Avatar 3D.



Figura 2.19: Exemplo de sinal interpretado pelo Avatar 3D a partir de modelo computacional de fonologia da Libras.

Fonte: Gonçalves (2012).

Este trabalho apresenta resultados e conclusões importantes na continuação deste e demais trabalhos do grupo IHC que atuam com a arquitetura HCI-SL, pois faz indicações para trabalhos futuros e também identifica situações de restrição e contribuições para demais trabalhos, como o uso de navegadores web para apresentação e visualização de avatar, melhores técnicas para *rigging* dos que as que são utilizadas no trabalho, devida implementação de *rigging* facial, atuação de malhas 3D mais complexas e completas, entre outras.

2.4 Tecnologias voltadas a Surdos

As tecnologias revisadas durante a pesquisa são aquelas voltadas para uso dos Surdos com o propósito de inclusão em sociedade. Elas se dividem em aplicativos, hardware e, inclusive, em sistemas mais complexos. O levantamento teve por objetivo conhecer as principais tecnologias envolvendo a Libras, buscando verificar as suas vantagens e suas limitações. Seguem as descrições e as correspondentes análises das ferramentas revisadas.

- **Hand Talk:** realiza tradução digital e automática para a Língua Brasileira de Sinais, por meio de um tradutor de sites e de um aplicativo. É utilizado um modelo 3D para exibir a tradução na Libras [Talk (2017)]. **Análise:** a proposta das duas ferramentas de tradução são de propiciar acessibilidade aos surdos, o aplicativo por meio de tradução de áudio e texto e o tradutor de sites traduz os conteúdos de sites. São ferramentas muito úteis, tornam conteúdos de sites acessíveis e podem complementar a interpretação da Libras;
- **Ava:** realiza tradução digital e automática de áudio para texto na Língua Inglesa, por meio de um aplicativo. Através do aplicativo pode ser feita uma tradução de voz para áudio individual, ou pessoas conectadas ao aplicativo podem compartilhar o que falam, assim, o surdo pode participar de uma conversa lendo o texto [Ava (2017)]. **Análise:** a proposta da ferramenta de tradução é a de propiciar inclusão dos surdos, sendo muito útil quando a pessoa ouvinte não sabe se comunicar com o surdo ou quando o surdo não tem a possibilidade de realizar a leitura labial, o que indica a ausência da língua de sinais, natural dos surdos, também pela falta de domínio dos surdos da língua inglesa para compreender a tradução em inglês, e dificuldade de leitura e escrita dos surdos em inglês;
- **MotionSavvy:** realiza tradução da língua de sinais para texto e áudio na Língua Inglesa em tempo real, por meio de um tablet customizado para executar a aplicação de tradução. Além disso, é possível gravar e editar os próprios sinais criados e nomeá-los, também criar seu próprio dicionário de sinais. Através do tablet com o aplicativo o surdo pode se comunicar com um ouvinte, realizando os movimentos de mão do sinal e o ouvinte ouve o que foi sinalizado pela tradução [MotionSavvy (2017)]. **Análise:** a proposta do sistema (tablet e aplicativo) é a de propiciar inclusão dos surdos, porém, não permite utilizar todos os sinais possíveis, devido a só permitir as mãos, sendo pouco útil quando o surdo necessita utilizar um sinal mais complexo, também o surdo deve realizar a leitura labial para efetuar a comunicação com o ouvinte, além disso, não pode ser considerada um tradutor, pois não existe a possibilidade de tradução de frases e textos, devido a que uma língua não é apenas um dicionário de palavras;
- **ProDeaf:** realiza a tradução de texto e voz na Língua Portuguesa para a Libras, por meio de duas ferramentas principais, um aplicativo móvel e um plugin para sites. Também disponibiliza ferramentas web como um dicionário Português-Libras, um tradutor Português-Libras, e ainda uma ferramenta para criar e compartilhar sinais em Libras. Também apresenta um serviço através de um aplicativo móvel para tradução de conteúdos provenientes de imagens em QR-Code para Libras [ProDeaf (2017)]. **Análise:** a proposta do conjunto de softwares é a de permitir a comunicação entre surdos e ouvintes, promovendo acessibilidade e inclusão social, são muito úteis devido às diversas possibilidades fornecidas. Assim como o Hand Talk, o plugin para sites torna conteúdos acessíveis através de um modelo 3D, bem como o aplicativo também já apresentado, tendo funções e objetivos bastante semelhantes. As demais ferramentas também são importantes e complementam a interpretação da Libras de várias maneiras. Mesmo com tantas possibilidades de uso, ainda não apresenta um modelo global para uso e disponibilização de APIs que possam ser utilizadas em desenvolvimentos de novas

ferramentas. Deve-se notar também que a tradução não é totalmente automática porque há auxílio de intérpretes e ainda não foi possível criar um AVATAR INTELIGENTE que consiga decodificar as regras fono-morfo-sintático-discursivas necessárias para avatar se expressar com expressões faciais necessárias ao contexto;

- Projeto Giulia: realiza a tradução de texto e voz na Língua Portuguesa para a Libras e vice-versa, por meio de um aplicativo móvel e uma pulseira, acoplando o celular ao braço do surdo. O aplicativo possui funcionalidades adicionais ao tradutor, como um despertador, uma babá eletrônica, chat, e a possibilidade de alertar bombeiros, polícia e urgência médica [Giulia (2017)]. **Análise:** a proposta do sistema (aplicativo e pulseira) é a de permitir a comunicação entre surdos e ouvintes, além de proporcionar ferramentas de uso cotidiano, como o despertador. É bastante útil, pois torna a comunicação entre surdos e ouvintes bastante simples, pois o surdo pode utilizar a Libras para comunicar com o ouvinte mesmo que este não conheça a língua de sinais, pois ouvirá através do aplicativo o que foi sinalizado, e no sentido contrário, ao surdo será apresentado na Libras o que o ouvinte falou;
- Dicionário de Libras: apresenta as palavras e termos próprios em Libras sinalizados por uma atriz surda, por meio de uma aplicação web, atualmente disponibilizado no site do INES e distribuído gratuitamente. O dicionário permite a busca pelos termos em ordem alfabética, por assunto, ou pela mão dominante. Para cada termo apresentado são também exibidas a palavra em língua portuguesa, a aceção, a classe gramatical, a origem, exemplos em português e em Libras, e também um vídeo com uma professora surda que sinaliza o sinal da Libras, nesta última funcionalidade é possível tocar várias vezes o mesmo sinal [Felipe (2005)]. **Análise:** o dicionário é de grande utilidade, pois complementa o conhecimento e interpretação da Libras, além de proporcionar integração lingüística;
- VLibras: realiza a tradução de texto, voz e vídeo na Língua Portuguesa para a Libras, por meio de uma aplicação que pode ser utilizada em dispositivos móveis e desktops. A aplicação possui um modelo 3D que faz os sinais em Libras do que foi selecionado para tradução no dispositivo em uso, também pode apresentar uma legenda com o que está sendo sinalizado [VLibras (2017)]. **Análise:** esta aplicação aborda todas as mídias digitais, texto, áudio e vídeo, e pode ser utilizada em qualquer tipo de dispositivo e sistema operacional, sendo muito útil no dia a dia. A principal proposta é a de promover acessibilidade aos surdos a qualquer conteúdo presente nas plataformas digitais, assim, os surdos podem ter a liberdade de escolha nos formatos que lhe interessar para acesso a informação. Além disso, não prevê compatibilidade para questões fono-morfo-sintáticos-discursivas, também a tradução não é totalmente automática devido a existência de auxílio de intérpretes, não sendo possível criar um AVATAR INTELIGENTE que consiga decodificar as regras fono-morfo-sintático-discursivas necessárias para avatar se expressar com expressões faciais necessárias ao contexto;
- Spread the Sign Language: apresenta as palavras e termos próprios em várias línguas de sinais por meio de uma aplicação web. Nesta lista de palavras a busca pode ser realizada através de uma palavra, frase ou número, e também por diversos grupos pré-determinados, como cores, medidas, emoções, características, entre vários outros. Quando uma palavra é visualizada, é exibido um vídeo no formato gif contendo um ator real realizando o sinal, também é descrito o significado da palavra [Spreadthesign (2017)]. **Análise:** a proposta da lista é exibir várias palavras em vários idiomas e línguas de sinais diferentes. É muito útil caso a pessoa deseje aprender o mesmo sinal em línguas diferentes, porém, para quando uma língua possui aceções diferentes para uma mesma palavra não é possível obter todas as opções, além disso, não realiza a tradução conforme outros tradutores pesquisados;

- Editor de sinais: realiza a edição de sinais para a formação no formato de escrita de sinais (SignWriting) por meio de uma aplicação web com aspectos gráficos, como o arrastar e soltar. É possível salvar os sinais criados e realizar posterior edição, também criar um dicionário próprio, e baixar o que foi criado em alguns formatos de imagem [Signbank (2017)]. **Análise:** diferentemente das aplicações e ferramentas anteriores este editor tem a proposta de auxiliar os surdos a construir sua própria escrita de sinais, ou mesmo praticar o SignWriting. É útil para o conhecimento da escrita de sinais, porém, as possibilidades apresentadas não permitem a globalização dos sinais criados, assim, outros surdos não tem acesso aos sinais já criados, por exemplo.

O Modelo CORE-SL aqui descrito é o alicerce da arquitetura HCI-SL e foi a base para a elaboração da presente dissertação.

As tecnologias voltadas aos surdos apresentadas neste capítulo mostram tanto a pertinência do tema como a relevância da consideração das questões linguísticas da Libras desde o planejamento até a prototipação das ferramentas.

As aplicações apresentadas não são passíveis de análise comparativa, pois elas foram criadas para atender a fins específicos e diferenciados. Elas serão mais úteis nos trabalhos futuros, principalmente na tradução Língua Portuguesa-Língua Brasileira de Sinais, quando deverão ser consideradas com o intuito de aproveitar o conhecimento construído.

Capítulo 3

Escolhas tecnológicas e solução construída

O desenvolvimento de protótipos para páginas web exige compreensão e adequação dos diversos requisitos que estão presentes neste ambiente. Estes requisitos devem atender, por exemplo, que as funcionalidades sejam suportadas para os principais navegadores, ou ainda, tratar que o desempenho das funcionalidades sejam os mesmos para todos os usuários. Assim, a escolha do ambiente de desenvolvimento e da linguagem de programação deve ser adequada para que sua junção auxilie a cumprir os principais requisitos funcionais, quiçá todos eles.

Este capítulo apresenta as escolhas tecnológicas para o desenvolvimento dos protótipos, os primeiros esforços no sentido de construir o avatar inteligente a partir do CORE-SL e a integração entre o ambiente de especificação e o avatar. Também exige as telas de interação e descreve o funcionamento do ambiente de especificação e do avatar. A última seção do capítulo mostra uma simulação para prova de conceito do modelo CORE-SL.

3.1 Escolhas tecnológicas

Para auxiliar no desenvolvimento dos protótipos foram escolhidas as seguintes ferramentas e ambientes, com suas respectivas descrições e papéis:

- **Spring Tool Suite:** é um ambiente de desenvolvimento integrado gratuito baseado na ferramenta Eclipse. Ela provê suporte a uma combinação de linguagem de programação, frameworks e execução da aplicação, além disso, integra-se às ferramentas já existentes no Eclipse como Java, Web e Java EE. Oferece a possibilidade de criar projetos web e de visualizá-lo em qualquer navegador que esteja instalado na máquina. Foi a principal ferramenta e ambiente utilizado para o desenvolvimento, pois além da possibilidade das linguagens de programação, sua estrutura e interface de comunicação está disposta de forma eficiente para visualizar arquivos, projetos, códigos e pastas, bem como para visualizar em funcionamento no navegador os arquivos desejados.
- **Google Chrome:** é um navegador gratuito que suporta diversos elementos do HTML5 e estilos. Foi o principal navegador utilizado para visualizar o funcionamento dos protótipos desenvolvidos.
- **Spring Framework:** frameworks são códigos que fornecem funcionalidades para problemas genéricos. O Spring framework foi utilizado com o intuito de facilitar o desenvolvimento, pois fornece padrões de projeto com características de inversão de controle e injeção de dependência, além de alto desempenho. É gratuito e possui módulos variados, os módulos utilizados foram para desenvolvimento web e de persistência.

- **Bootstrap Framework:** é um framework gratuito que lida com os elementos de interface gráfica no ambiente web, ou seja, são códigos que enriquecem o design da página web, exibindo em diferentes formatos do que o padrão de uma página web. As páginas web desenvolvidas com este framework ganham o aspecto responsivo, assim, adapta-se a diferentes dispositivos e tamanhos.
- **Banco de dados PostgreSQL:** é um banco de dados gratuito e de código aberto que propicia a persistência dos dados no formato relacional. Neste trabalho o PostgreSQL será utilizado para armazenar os dados das descrições de sinais de Libras.
- **Linguagem de programação Java:** é um tipo de linguagem de programação com regras de sintaxe e estruturas próprias, e pertence ao paradigma de programação de Orientação a Objetos, possui diversos recursos, como gerenciamento de memória, coleção de ferramentas de desenvolvimento desktop e web entre outras, esta presente em milhares de dispositivos espalhados pelo mundo, sendo a principal linguagem de programação atual. É a linguagem de programação utilizada para a maioria das funcionalidades desenvolvidas no protótipo deste trabalho, principalmente, aquelas voltadas para back-end, como comunicação e controle do banco de dados, das páginas web, e modelagem das estruturas que correspondem aos objetos reais.
- **Biblioteca three.js:** é uma biblioteca para a linguagem de programação Javascript utilizada na criação e apresentação de gráficos e objetos animados na tecnologia 3D em navegadores web. Neste trabalho, é a principal biblioteca para exibir o avatar inteligente, além de dispor de diversos métodos e funções que são utilizadas na composição das funcionalidades do avatar, como animação e edição dos sinais.
- **Repositório Mixamo:** é um repositório de personagens 3D animados para utilização na plataforma web, além disso, provê funcionalidades como automação no processo de animação destes. Este repositório foi utilizado na obtenção do personagem que irá compor o desenvolvimento do avatar inteligente, responsável pela enunciação do sinal da simulação para prova de conceito.
- **Linguagem de programação Javascript:** é um tipo de linguagem de programação de scripts para páginas HTML, é do tipo interpretada e permite executar direto no navegador do usuário, isso agrega segurança, pois não permite a gravação no disco rígido, possui diversos outros recursos por ser uma linguagem flexível, como comunicação via protocolo HTTP com outras aplicações. É a linguagem de programação utilizada para as funcionalidades nas páginas web do protótipo deste trabalho, geralmente, aquelas que envolvem interface gráfica, como visualização dinâmica das páginas, além da integração do sinal criado na ferramenta de geração de sinal com a animação realizada no avatar inteligente.

3.2 Solução construída

3.2.1 Ferramenta de especificação de descrições de sinais

O desenvolvimento do protótipo ocorreu baseado no padrão de projeto Model-View-Controller (MVC), este padrão é dividido em três camadas arquiteturais que proporcionam diversas vantagens na sua utilização, como agilidade e simplicidade no desenvolvimento e manutenção, devido ao reaproveitamento de funções e de partes do projeto como um todo, além de por melhor apreensão das regras de negócio da aplicação [Medeiros (2017)]. Estas camadas são as seguintes:

- Model (modelo): Corresponde aos modelos presentes no projeto, os elementos de dados são gerenciados por esta camada afim de fornecer seus estados;
- View (visão): Esta camada representa a visualização dos elementos de dados e o meio pela qual se dá a entrada e saída de dados;
- Controller (controlador): É a camada que interpreta os dados de entrada da camada da visão e os mapeia nos modelos com a finalidade de executar as funções e o método do projeto.

Com base na pesquisa realizada e seguindo o padrão MVC para desenvolvimento, foram elaboradas duas funcionalidades principais, descritas a seguir.

Cadastramento da descrição de um sinal da Libras no CORE-SL

O cadastramento dos sinais da Língua de Sinais é a funcionalidade que consiste em armazenar no banco de dados toda a descrição do sinal de acordo com o modelo CORE-SL, detalhado no início do presente capítulo. Esta funcionalidade é apresentada na tela exibida na figura 3.2.

Primeiramente, o usuário¹ deve fornecer um identificador do sinal, este identificador é importante, pois será utilizado como parâmetro em outras funcionalidades do sistema. Após esta ação, deve-se escolher o tipo de sinal, constituído por três opções: simples, sequencial e soletração. Dependendo do tipo de sinal escolhido, a página de apresentação do cadastro apresenta diferentes campos de escolha, pois é o campo chave para determinar quais elementos do sinal deverão ser escolhidos para esse tipo de sinal, de acordo com o CORE-SL. Os processos do cadastramento da descrição do sinal são exibidos na figura 3.1.

Nesta funcionalidade está incluída a representação dos parâmetros selecionados do sinal por meio do avatar inteligente. A cada parâmetro selecionado é realizada a leitura de todo o sinal e reproduzido no avatar, assim, dependendo-se de cada escolha o avatar reagirá de forma diferente realizando a configuração desejada. Os diferentes tipos de campos do sinal e o avatar são apresentados nas figuras 3.2, 3.3 e 3.4. Esta funcionalidade auxilia na prova de conceito do modelo CORE-SL, pois apresenta como o modelo reage de acordo com as decisões de usuário e exibe se a opção selecionada é a esperada.

¹Usuário: corresponde a pessoa ou equipe que conheça fonologia de uma Língua de Sinais e sabe proladar/sinalizar a língua.

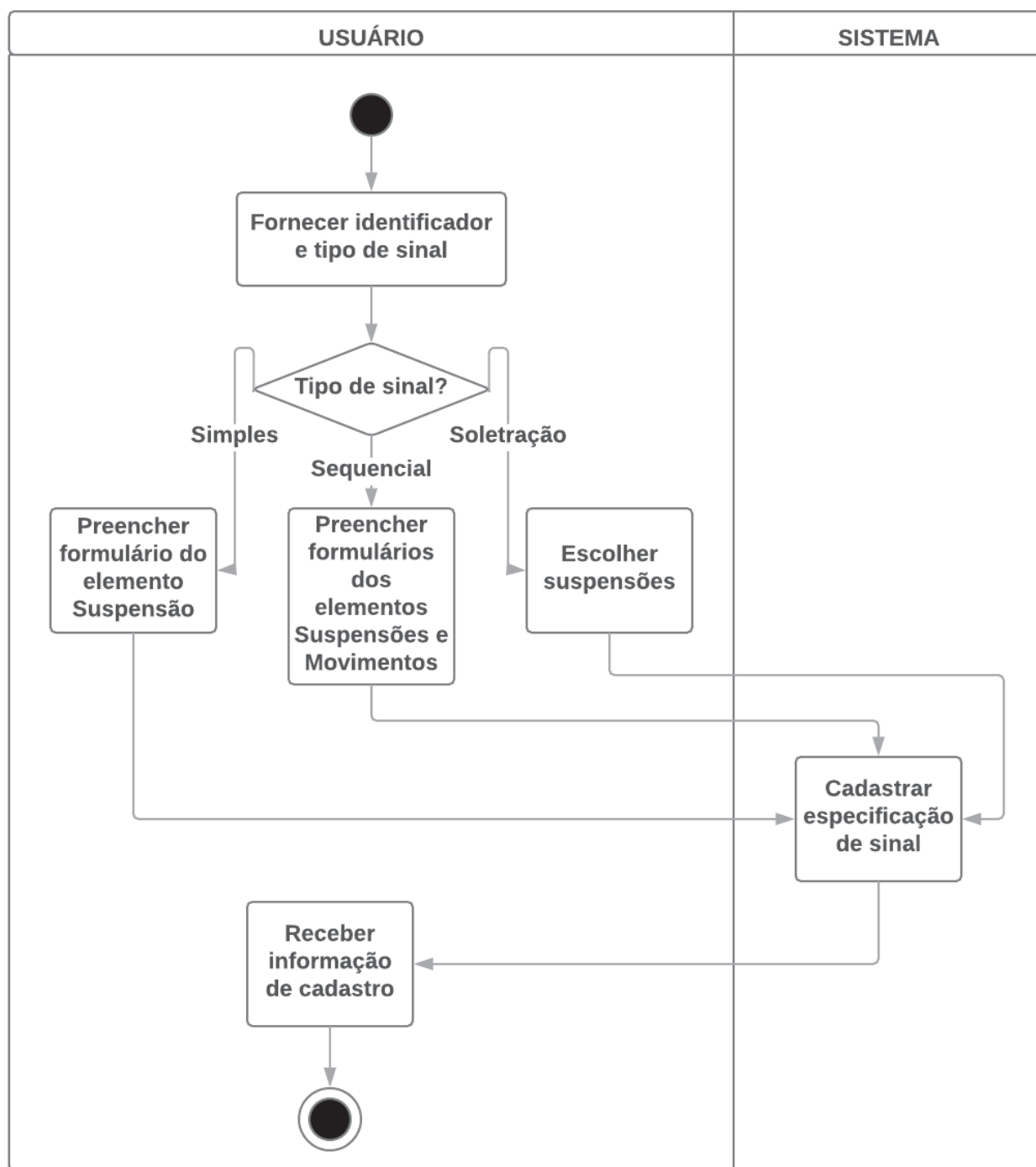


Figura 3.1: Diagrama de atividades para a funcionalidade de cadastramento da especificação de sinal.

Projeto

Lista de Sinais

Cadastro de Sinal

Sinal

Identificador do sinal:

Tipo de sinal:

Suspensão

Articulação:

Mãos utilizadas:

Configuração de mão:

Dedos:

Rotação:

Contato:

Flexão de rotação:

Dedo de contato:

Cadastrar

Humano:

Figura 3.2: Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal simples.

Projeto

Lista de Sinais

Cadastro de Sinal

Sinal

Identificador do sinal:

Tipo de sinal:

Segmentos:

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão

Articulação:

Mãos utilizadas:

Configuração de mão:

Dedos:

Rotação:

Contato:

Flexão de rotação:

Dedo de contato:

Cadastrar

Humano:

Figura 3.3: Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal sequencial.

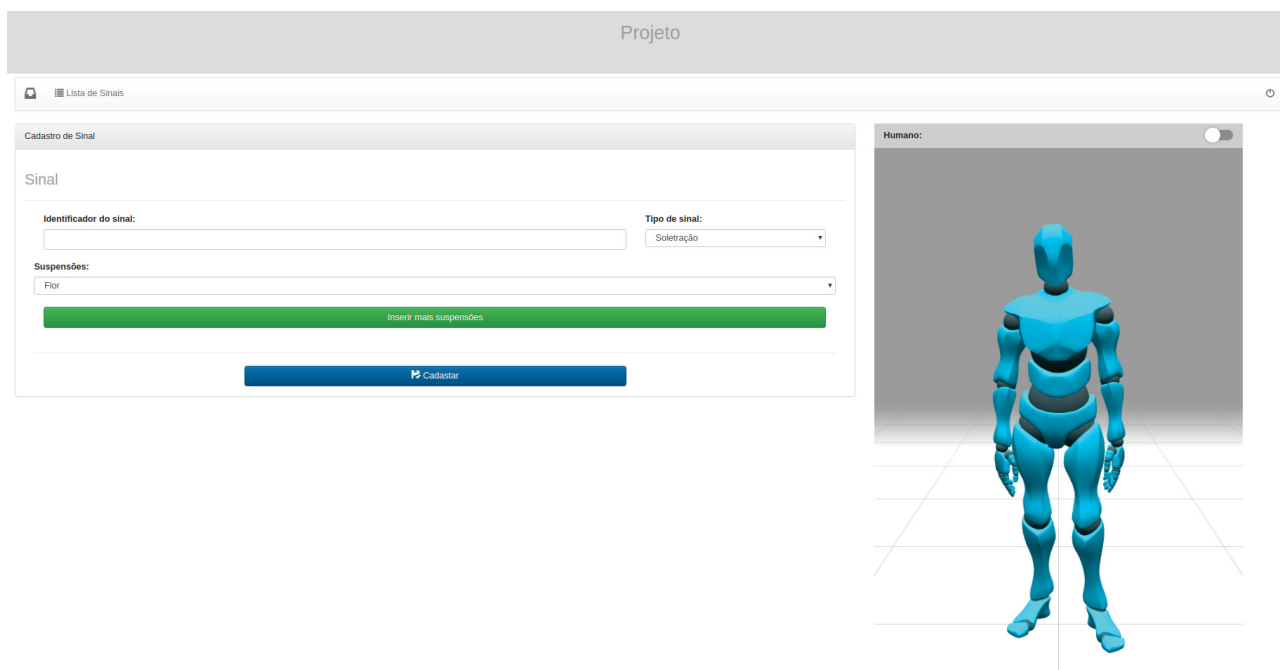


Figura 3.4: Tela principal da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal da Língua de Sinais com o tipo de sinal soletração.

Os elementos principais do sinal no CORE-SL, independentemente do tipo de sinal escolhido, são a Suspensão e o Segmento. O Segmento, por sua vez, é constituído por um elemento Suspensão e pelo elemento Movimento, assim, estes dois elementos são os que caracterizam um sinal, e em cada tipo de tela são necessários preencher e/ou escolher os diversos campos nos formulários que se seguem com estes elementos. Estes dois elementos são detalhados a seguir:

- **Suspensão:** representa os sinais que tem ausência de movimento, sendo necessário a escolha do tipo de articulação, manual e/ou não manual. O tipo manual refere-se a um sinal realizado com as mãos, definido por quais mãos são utilizadas, a configuração da mão, a locação e a orientação. Na configuração da mão devem ser escolhidos os elementos dos dedos polegar, indicador, médio, anelar e mínimo, os quais apresentam diferentes componentes do polegar para os demais dedos; o polegar é definido pela rotação, flexão de rotação, contato e dedo de contato; já os demais dedos são definidos pelo relaxamento do dedo, o tipo de contato, a direção do contato, pela flexão ou junção do dedo. Para o elemento locação são definidas as posições, o contato específico e locais das mãos de acordo com o tipo de local, podendo ser na cabeça, tronco, mão ou no espaço de enunciação do sinal. No elemento orientação, são definidos os elementos da palma da mão, a direção e rotação dos dedos, a horizontalidade e verticalidade do antebraço e o elemento cotovelo. Para o tipo não manual, o sinal é realizado por expressões não manuais, sendo os campos necessários para escolha e preenchimento as expressões faciais, movimento da cabeça e tronco, e as partes superior e inferior do rosto;
- **Movimento:** corresponde as ações que a pessoa executa com as mãos no espaço que se encontra, os campos necessários para escolha e preenchimento são: as mãos utilizadas, a direção do movimento, a frequência, velocidade, tensão, movimento da mão, torçedura e flexão de pulso, movimento de antebraço e dos dedos.

Após o preenchimento dos devidos campos que compreendem a descrição do sinal, é possível realizar a ação de cadastrar estes dados, assim, caso as informações fornecidas sejam válidas, o usuário

recebe uma informação de confirmação de sucesso no cadastro, caso contrário, o usuário recebe a informação de problema no preenchimento do formulário, devendo este realizar as alterações para uma nova tentativa de cadastro.

No final destes procedimentos, as informações das descrições do sinal estará armazenado no banco de dados, e assim possibilitará o devido funcionamento da próxima funcionalidade.

Visualização da descrição de um sinal no CORE-SL

Esta funcionalidade consiste em listar todas as descrições de sinais cadastradas e permitir que cada descrição seja visualizada no formato JSON ou XML, e também permite fazer a animação do sinal, procedendo a reprodução do sinal mediante descrição, fazendo sua enunciação.

Esta funcionalidade é apresentada na figura 3.5.

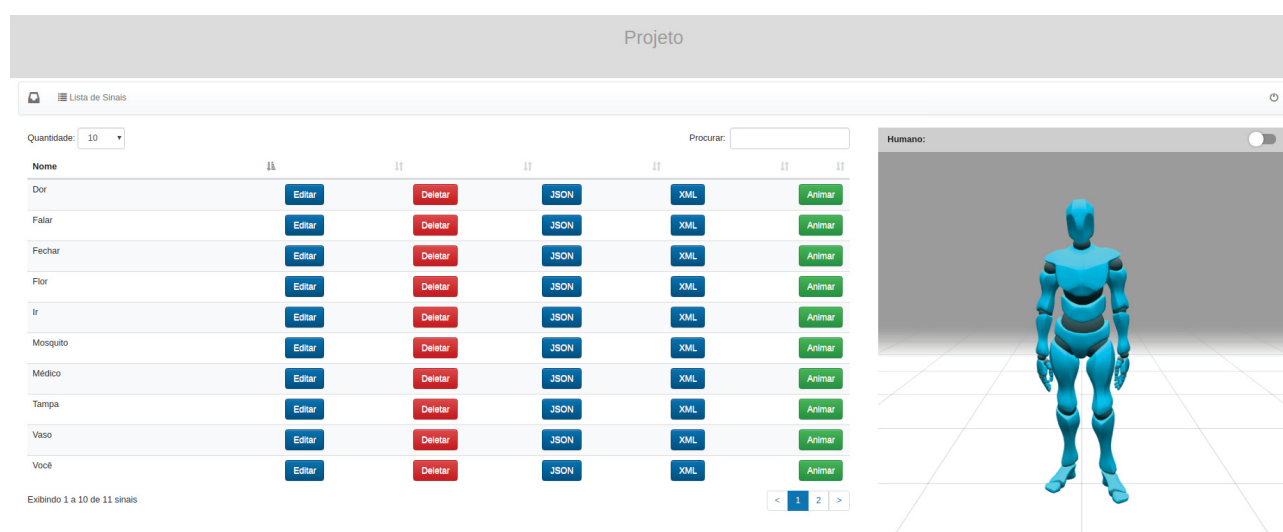


Figura 3.5: Tela principal da funcionalidade de Visualização da descrição do sinal de Libras.

A tela apresentada nesta funcionalidade permite ao usuário executar cinco funções básicas.

A primeira é exibir uma tabela contendo todos os sinais já cadastrados, inclusive, permitindo procurar pelo identificador do sinal.

A segunda função presente é a possibilidade de editar um sinal já cadastrado, assim, a tela dessa função é a mesma da funcionalidade de Cadastro de descrição do sinal de Libras, porém, com as informações do sinal escolhido, bastando o usuário realizar as alterações desejadas.

A terceira função básica é a possibilidade de deletar a descrição do sinal cadastrada, caso o usuário utilize essa função toda a descrição é removida e qualquer elemento que esteja ligado a ele.

A quarta função abre uma nova tela com as informações do sinal no formato JSON, um exemplo disso é apresentado na figura 3.6, contendo apenas a estrutura básica de um sinal no formato JSON. A quinta função apresentada ao usuário é a possibilidade de exibir as informações do sinal cadastrado no formato XML, a figura 3.7 apresenta uma parte do sinal já cadastro no formato XML. Os formatos JSON e XML obedecem aos padrões descritos pelo CORE-SL para descrições de sinais e adoção em outros sistemas, assim, essas funções podem ser extendidas e utilizadas como serviços para busca de sinais através do uso de identificador.

A última função é a de animar a descrição do sinal, para isso é utilizada a descrição no formato XML para enunciação do sinal, sendo detalhada na seção que se segue.

Estas funcionalidades estarão disponíveis a qualquer usuário, com o objetivo de contribuir como uma API para desenvolvimento de novos sistemas que utilizam o CORE-SL como modelo de representação de sinais de Línguas de Sinais.

```

{
  - phonetic component: {
    identifcier: "Você",
    - sign: {
      type: "sequencial",
      holds: [ ],
      - segments: [
        - {
          - hold: {
            + manual: {..},
            - non manual: {
              phonetic: null,
              emotional: null,
              syntactic: null
            }
          },
          - movement: {
            - simple: {
              - local: {
                hand: null,
                symmetric_movement: null,
                direction: null,
                frequency: null,
                speed: null,
                tension: null,
                mov_hand: null,
                mov_wrist: null,
                mov_forearm: null,
                mov_fingers: null
              },
              - path: {
                hand: "MaoDominante",
                symmetric_movement: null,
                - type: {
                  shape: "Reto",
                  interaction: null,
                  contact: null
                },
                - plane: {
                  plane: "Vertical",
                  surface: "Cabeca"
                },
                - directionality: {
                  unidirectional: "ParaFrente",
                  bidirectional: null
                },
                - manner: {
                  speed: "Normal",
                  - frequency: {
                    numero: 2,
                    repeated: "Simples"
                  },
                  tension: null,
                  extension: "Normal"
                }
              }
            },
            - complex: {
              local: null,
              path: null
            }
          }
        }
      ]
    }
  }
}

```

Figura 3.6: Tela de uma estrutura com alguns elementos do sinal cadastrado no formato JSON.

3.2.2 Rumo ao avatar Inteligente

O desenvolvimento do avatar inteligente foi proposto para realizar a animação do sinal a partir da descrição de sinais utilizando o modelo CORE-SL. Para isso, foram feitos diversos experimentos

← → ↻ ⓘ localhost:8080/projeto/coreSL?identificador=Você&formato=xml

This XML file does not appear to have any style information associated with it. The document tree is shown below.

```

▼ <core_sl>
  <id>43</id>
  ▼ <phonetic_component>
    <id>42</id>
    <identificador>Você</identificador>
    ▼ <sign>
      <id>3</id>
      <type>sequencial</type>
      ▼ <segments>
        <id>41</id>
        ▼ <hold>
          <id>30</id>
          ▼ <manual>
            <id>28</id>
            <type>Uma mão</type>
            ▶ <dominant_hand>...</dominant_hand>
            ▼ <non_dominant_hand>
              <id>27</id>
              </non_dominant_hand>
            </manual>
          ▼ <non_manual>
            <id>29</id>
            </non_manual>
          </hold>
        ▼ <movement>
          <id>40</id>
          ▼ <simple>
            <id>39</id>
            ▼ <local>
              <id>32</id>
              </local>
            ▼ <path>
              <id>38</id>
              <hand>MaoDominante</hand>
              ▼ <type>
                <id>33</id>
                <shape>Reto</shape>
              </type>
            ▼ <plane>
              <id>34</id>
              <plane>Vertical</plane>
              <surface>Cabeca</surface>
            </plane>
            ▼ <directionality>
              <id>37</id>
              <unidirectional>ParaFrente</unidirectional>
            </directionality>
            ▼ <manner>
              <id>36</id>
              <speed>Normal</speed>
              ▼ <frequency>
                <id>35</id>
                <numero>2</numero>
                <repeated>Simples</repeated>
              </frequency>
              <extension>Normal</extension>
            </manner>
          </path>
        </simple>
      ▼ <complex>
        <id>31</id>
      </complex>
    </movement>
  </segments>
</sign>
</phonetic_component>
</core_sl>

```

Figura 3.7: Tela de parte de um sinal cadastrado no formato XML.

em modelos de personagens para verificar sua viabilidade, conforme as características necessárias, como malha 3D, pontos de articulação e a animação esquelética.

Para realizar uma animação é fundamental a parte lógica conhecida por *rig* ou *rigging*, em português é utilizado o mesmo nome, ou apenas malha 3D. O *rig* é o sistema de controle da animação responsável por prover movimento aos objetos [Beane (2012)], assim para fazer a animação do objeto são fornecidas articulações de movimento, conhecidas por *joints* também chamados *bones* do objeto.

Estes pontos de articulação exercem fundamental importância no *rigging*, e principalmente, na animação do objeto, pois podem ser selecionados, articulados e posicionados conforme a necessidade do objeto, podendo simular a realidade de ossos ou características de um corpo real [Beane (2012)]. As técnicas utilizadas para controlar os pontos de articulação envolvem translação e rotação, e também *deformers*, em português deformadores, responsável pela mudança da forma do objeto. A técnica dos *deformers*, mais conhecida por *skinning* ou *enveloping*, têm a função de conectar a geometria dos pontos de articulação com a do objeto 3D, possibilitando movimentos mais realísticos [Beane (2012)].

O sistema esquelético, do inglês *skeleton system*, é composto por um conjunto organizado de pontos de articulação e deformadores com o objetivo de permitir seleção e deformação de forma mais simples e realista, de acordo com o personagem desejado. Neste tipo de sistema, os pontos de articulação possuem um nível de parentesco de acordo com a geometria e nível do componente (neste caso, o componente refere-se a blocos individuais na construção do objeto ou personagem) [Beane (2012)].

Com base nestes conceitos e por não ser objetivo deste trabalho a construção e modelagem de personagem 3D, foi possível escolher o personagem para o avatar inteligente em um repositório de personagens, já apresentado na seção anterior. O personagem escolhido possui um sistema esquelético que atende as necessidades do trabalho por apresentar os pontos de articulação necessários para animação da enunciação de sinal, este avatar juntamente com os pontos de articulação é apresentado na figura 3.8.

São 71 pontos de articulação presentes no avatar responsáveis pela animação, sendo destes, 32 pontos para as mãos e pulso, 4 pontos nos braços, 19 pontos na cabeça e tronco, 4 pontos abaixo do tronco e 12 pontos nas pernas. Além dos pontos de articulação, estão presentes a forma do personagem, a malha 3D e o sistema esquelético fazendo a junção das geometrias dos pontos aos componentes individuais do objeto (exibidos com a cor verde na figura 3.8).

Editor 3D de sinais

Para facilitar a integração entre a descrição de sinal e o avatar inteligente, foi desenvolvido um editor 3D de sinais, o qual realiza a edição de rotação dos pontos de articulação do avatar conforme orientações nos planos X, Y e Z. Com este editor, é possível construir uma lista de rotações dos pontos de articulação do avatar, esta lista conterá, por exemplo, as configurações da mão para determinado sinal, além disso, é possibilitada sua visualização para que seja melhor construído o sinal como um todo. A figura 3.9 apresenta a ferramenta de edição 3D de sinais com um exemplo de edição para um ponto de articulação no pulso.

A partir deste editor, foi criada uma série de protótipos para lidar com diversos parâmetros de línguas de sinais, conforme modelo computacional de representação de sinais CORE-SL. Cada protótipo contém uma ou mais listas de rotações dos pontos de articulação e métodos acoplados para integração da descrição de sinais no formato JSON e XML ao avatar.

Para formar um sinal e animá-lo no avatar com estes protótipos, são realizados os seguintes passos:

1. Leitura da descrição de sinal no formato JSON ou XML;



Figura 3.8: Avatar e os pontos de articulação.

2. Instanciação dos objetos lidos da descrição de sinal;
3. Verificação do tipo de sinal lido;
4. Inicia-se a verificação de parâmetros do tipo Suspensão;
5. Determinação dos pontos de articulação do tipo "pai" para coordenar os parâmetros dos pontos de articulação do tipo "filho";
6. Até que todos os pontos de articulação sejam visitados o item 5 é repetido;
7. Inicia-se a verificação de parâmetros do tipo Segmento;
8. Determinação dos pontos de articulação do tipo "pai" para coordenar os parâmetros dos pontos de articulação do tipo "filho" conforme tipo Suspensão e Movimento;



Figura 3.9: Ferramenta de edição de sinais com exemplo de edição de ponto de articulação.

9. Após as devidas configurações, são realizadas as animações de movimento do sinal;
10. Encerramento da animação do sinal.

3.3 Em direção a uma prova de conceito

As simulações representam meios para executar os modelos e conceitos pesquisados através de diversos processos e métodos propostos, resultando na verificação desses conceitos, tanto pelos experimentos realizados nas simulações quanto pelo efetivo resultado. Assim, o desenvolvimento apresentado na seção anterior representa um importante passo na cadeia de processos adotados na simulação, pois é a principal ferramenta de integração entre todos os processos, englobando desde o sinal que é a entrada principal da simulação, o modelo CORE-SL utilizado como meio de ligação e as saídas que são resultantes das representações pela animação através de avatar inteligente.

Sendo assim, as simulações ocorrem através da seguinte sequência de processos, denominados "Cadastro", "Verificação" e "Animação" com seus métodos explanados:

- Cadastro: inicialmente, são inseridos na Ferramenta de Geração de Descrições de Sinais desenvolvida sinais pesquisados para formar uma base de sinais cadastrados a serem utilizados nos próximos passos;
- Verificação: com a base pronta, pode-se verificar através da API de sinais e conforme o modelo CORE-SL, se cada sinal cadastrado está devidamente formalizado no modo textual, tanto no formato XML quanto no formato JSON;
- Animação: em seguida, é realizada a animação de cada sinal com o uso da API, afim de verificar no avatar animado se o sinal está adequadamente sendo sinalizado.

Estes processos podem ser visualizados na figura 1.3.

Os sinais de línguas de sinais, neste caso, da Libras, selecionados pelo grupo de pesquisadores e estudantes que trabalham no âmbito da arquitetura HCI-SL (incluído o autor) para comprovar a viabilidade e neste trabalho realizar simulação para prova de conceito do Modelo de Representação de Sinais CORE-SL, irão compor o corpus de testes pois consistem de um conjunto de parâmetros

representativos da fonologia e da morfologia da Libras, além de terem sido retirados de texto de uso real na Educação de Surdos no INES. Os sinais selecionados foram: Água, Ir, Mosquito, Falar, Fechar Tampa, Dor, Vaso Flor, Você, Médico e Dengue. Estes sinais foram selecionados a partir de estudos do grupo acerca dos parâmetros utilizados para cada sinal, prevalecendo as seguintes características:

- Sinal existente na base da SignWriting.org;
- Sinal ou palavra muito utilizada, por ser uma necessidade básica do ser humano;
- Sinal possui grande quantidade de parâmetros a serem utilizados;
- Entre outras classificações linguísticas de sinais.

3.3.1 Simulação do sinal “Você”

O sinal “Você” foi selecionado para a simulação para prova de conceito deste trabalho por ser uma das palavras mais utilizadas e fazer uso de diversos parâmetros como configurações de mão, orientação e movimento. Este sinal é sinalizado apontando-se o dedo indicador para a pessoa a que se está realizando uma conversa, podendo existir algumas alterações na sinalização, como uma frequência de movimento do apontamento ao interlocutor, onde o dedo indicador é apontado duas vezes a pessoa. Este último tipo de sinalização é utilizada nesta simulação, descrita nas próximas subseções.

Cadastro

Para realizar o cadastro do sinal na ferramenta de geração de descrições de sinais, é necessário, inicialmente, realizar o login na ferramenta. Este login segue uma autenticação básica do usuário através de nome do usuário e senha. A tela de login é apresentada na figura 3.10.

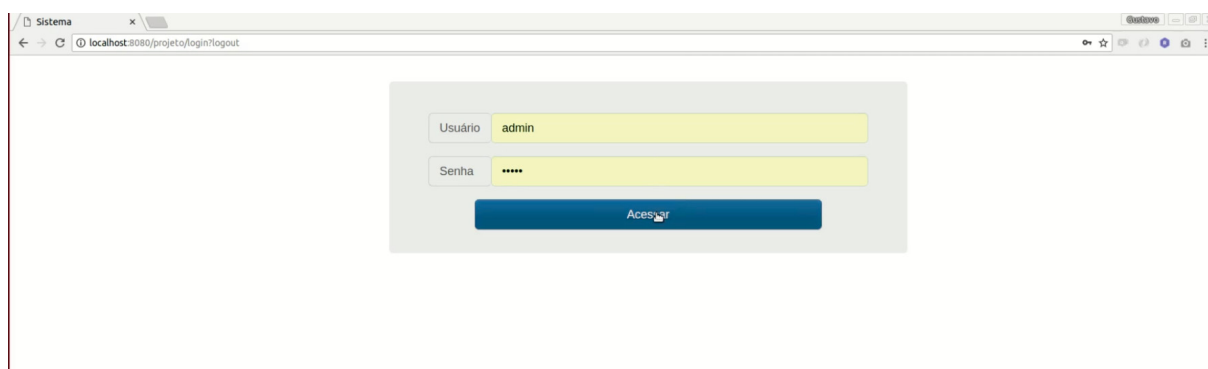


Figura 3.10: Tela de login na ferramenta de geração de descrições de sinais.

Após a inserção de dados de login e acionar o botão "Acessar", o usuário é remetido a tela inicial de cadastro de sinais da ferramenta, conforme tela apresentada na figura 3.2, caso o usuário não possua as credenciais corretas, este continuará sem acesso e continuará na tela de login.

Para o sinal “Você”, deve-se preencher o identificador do sinal com a palavra “Você” e escolher o tipo de sinal “Sequencial”, conforme figura 3.11. Em seguida, é necessário escolher os parâmetros de Segmentos do sinal, que por sua vez contém os parâmetros de Suspensão e Movimento.

Nos Segmentos, são escolhidos uma Suspensão e um Movimento. Na Suspensão, deve-se escolher a articulação “Manual” do sinal e apenas “Uma mão” no parâmetro de mãos utilizadas, assim, segue-se na escolha dos parâmetros de configuração de mão e orientação, para os parâmetros de locação não são selecionados valores devido ao tipo de configuração do sinal.

Figura 3.11: Tela com preenchimento inicial no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.

Na configuração de mão devem ser escolhidos as configurações dos dedos, iniciando pelo polegar e seguindo-se os outros dedos. Para o polegar são escolhidos o tipo e a flexão de rotação, sendo respectivamente, “Lateral” e “Fechado”, e o tipo e dedo de contato que realiza, sendo respectivamente, “Almofada na unha” e “Médio”. Para o dedo indicador, os parâmetros escolhidos são: dedo não relaxado, tipo de contato “Lateral” e direção do contato “Neutro”, com tipo flexão do dedo “Aberto”. Para os demais dedos, médio, anelar e mínimo seguem as mesmas configurações devido ao tipo de configuração da mão para o sinal, assim sendo escolhidos os seguintes parâmetros: dedo não relaxado, tipo de contato “Envergado” e direção do contato “Neutro”, com tipo flexão do dedo “Fechado”.

Na orientação da mão são escolhidos os parâmetros da palma da mão na direção “Abaixo”, a direção e rotação dos dedos, respectivamente, com valores “Abaixo” e “Horário”, também são escolhidas a horizontalidade e verticalidade do antebraço, com valores respectivos de “180° (lado da mão não-dominante)” e “45° (lateral da mão dominante)”, ainda na orientação deve ser escolhido o valor de “90° (extendido)” para o parâmetro de cotovelo, estes parâmetros são apresentados na figura 3.12.

Com os parâmetros de Suspensão escolhidos, deve-se realizar a escolha dos parâmetros de Movimento. Inicialmente, deve-se escolher o tipo de movimento “Simple” e definir o “Movimento com trajeto”. Neste tipo de movimento deve-se definir os movimentos que possuam trajeto, para isso, deve-se escolher a mão “Mão dominante” sem movimento simétrico, também o tipo do trajeto “Forma” com o valor “Reto”. O plano de movimento é o “Vertical” e direcionalidade “Unidirecional” com valor “Para frente”. A maneira do movimento possui os parâmetros de velocidade cujo valor é “Normal”, não possui tensão, a extensão é “Normal”, e tem frequência “Simple” com repetição de “2” vezes. O preenchimento dos parâmetros de Movimento é exibido na figura 3.13.

Após inserir todos os dados e realizar o preenchimento correto das informações e campos selecionados, o sinal pode ser cadastrado na ferramenta, bastando acionar o botão “Cadastrar”, assim uma mensagem de sucesso é apresentada como finalização do cadastro, caso haja algum campo no

Figura 3.12: Tela com preenchimento dos parâmetros de orientação da mão no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.

Figura 3.13: Tela com preenchimento dos parâmetros de Movimento no cadastro do sinal “Você” na ferramenta de geração de descrições de sinais.

formulário que não esteja preenchido, ou esteja preenchido incorretamente uma mensagem de insucesso é apresentada, e o usuário deverá verificar os campos novamente.

Verificação

A verificação do sinal cadastrado ocorre pela funcionalidade de visualização da descrição do sinal de Língua de Sinais, já apresentado na seção 4.3.1 e na figura 3.5. O modelo formal do sinal cadastrado pode ser verificado pela consulta na API de sinais, cuja funcionalidade principal é a pesquisa pelo identificador da descrição do sinal, esta funcionalidade é executada da seguinte forma para o sinal “Você” e nos seguintes formatos e descrições:

- Formato JSON: *http://<ip_do_servidor_da_aplicacao>:<porta_do_servidor_da_aplicacao>/projeto/coreSL?identifier=Você*

```

1 #Formato JSON da descrição do sinal "Você".
2 {
3   phonetic_component: {
4     identifier: "Você",
5     sign: {
6       type: "sequencial",
7       holds: [ ],
8       segments: [
9         {
10          hold: {
11            manual: {
12              type: "Uma mão",
13              dominant_hand: {
14                handshape: {
15                  closed_set: { },
16                  fingers: {
17                    thumb: {
18                      thumb_rotation: {
19                        thumb_rotation: "Lateral",
20                        thumb_flexion: "Fechado"
21                      },
22                      thumb_contact: "AlmofadaNaUnha",
23                      thumb_contact_finger: "middle"
24                    },
25                    index: {
26                      relax: false,
27                      finger_contact: {
28                        contact_type: "Lateral",
29                        contact_direction: "Neutro"
30                      },
31                      finger_flexion: "Aberto",
32                      joint: {
33                        joint_proximal: null,
34                        joint_medial: null,
35                        joint_distal: null
36                      }
37                    },
38                    middle: {
39                      relax: false,
40                      finger_contact: {
41                        contact_type: "Envergado",
42                        contact_direction: "Neutro"
43                      },
44                      finger_flexion: "Fechado",
45                      joint: {
46                        joint_proximal: null,

```

```
47         joint_medial: null,
48         joint_distal: null
49     }
50 },
51     ring: {
52         relax: false,
53         finger_contact: {
54             contact_type: "Envergado",
55             contact_direction: "Neutro"
56         },
57         finger_flexion: "Fechado",
58         joint: {
59             joint_proximal: null,
60             joint_medial: null,
61             joint_distal: null
62         }
63     },
64     pinky: {
65         relax: false,
66         finger_contact: {
67             contact_type: "Envergado",
68             contact_direction: "Neutro"
69         },
70         finger_flexion: "Fechado",
71         joint: {
72             joint_proximal: null,
73             joint_medial: null,
74             joint_distal: null
75         }
76     }
77 }
78 },
79     orientation: {
80         or_palm: {
81             directions: "Abaixo"
82         },
83         or_fingers: {
84             directions: "Abaixo",
85             rotation_dif: "Horario"
86         },
87         or_forearm: {
88             horizontal: "CentoOitentaGrau",
89             vertical: "QuarentaCincoGrauLateralMD"
90         },
91         or_elbow: "NoventaGrau"
92     },
93     location: {
94         dif: null,
95         position: null,
96         head: null,
97         body: null,
98         hand: null,
99         space: null,
100        specific_contact: null
101    }
102 },
103     non_dominant_hand: {
104         symmetry_rule: null,
```

```

105         dominant_hand: null
106     },
107     relation_non_dominant: null
108 },
109 non_manual: {
110     phonetic: null,
111     emotional: null,
112     syntactic: null
113 }
114 },
115 movement: {
116     simple: {
117         local: {
118             hand: null,
119             symmetric_movement: null,
120             direction: null,
121             frequency: null,
122             speed: null,
123             tension: null,
124             mov_hand: null,
125             mov_wrist: null,
126             mov_forearm: null,
127             mov_fingers: null
128         },
129         path: {
130             hand: "MaoDominante",
131             symmetric_movement: null,
132             type: {
133                 shape: "Reto",
134                 interaction: null,
135                 contact: null
136             },
137             plane: {
138                 plane: "Vertical",
139                 surface: "Cabeca"
140             },
141             directionality: {
142                 unidirectional: "ParaFrente",
143                 bidirectional: null
144             },
145             manner: {
146                 speed: "Normal",
147                 frequency: {
148                     numero: 2,
149                     repeated: "Simples"
150                 },
151                 tension: null,
152                 extension: "Normal"
153             }
154         }
155     },
156     complex: {
157         local: null,
158         path: null
159     }
160 }
161 }
162 ]

```

```

163 }
164 }
165 }

```

- Formato XML: `http://<ip_do_servidor_da_aplicacao>:<porta_do_servidor_da_aplicacao>/projeto/coreSL?identifier=Você&format=xml`

```

1 #Formato XML da descrição do sinal "Você".
2 <core_sl>
3   <id>43</id>
4   <phonetic_component>
5     <id>42</id>
6     <identifier>Você</identifier>
7     <sign>
8       <id>3</id>
9       <type>sequencial</type>
10      <segments>
11        <id>41</id>
12        <hold>
13          <id>30</id>
14          <manual>
15            <id>28</id>
16            <type>Uma mão</type>
17            <dominant_hand>
18              <id>26</id>
19              <handshape>
20                <closed_set>
21                  <id>5</id>
22                </closed_set>
23                <fingers>
24                  <id>20</id>
25                  <thumb>
26                    <id>7</id>
27                    <thumb_rotation>
28                      <id>6</id>
29                      <thumb_rotation>Lateral</thumb_rotation>
30                      <thumb_flexion>Fechado</thumb_flexion>
31                    </thumb_rotation>
32                    <thumb_contact>AlmofadaNaUnha</thumb_contact>
33                    <thumb_contact_finger>middle
34                    </thumb_contact_finger>
35                  </thumb>
36                <index>
37                  <id>10</id>
38                  <relax>>false</relax>
39                  <finger_contact>
40                    <id>8</id>
41                    <contact_type>Lateral</contact_type>
42                    <contact_direction>Neutro
43                    </contact_direction>
44                  </finger_contact>
45                  <finger_flexion>Aberto</finger_flexion>
46                <joint>
47                  <id>9</id>
48                </joint>
49              </index>
50            <middle>

```

```

51         <id>13</id>
52         <relax>>false</relax>
53         <finger_contact>
54             <id>11</id>
55             <contact_type>Envergado</contact_type>
56             <contact_direction>Neutro
57             </contact_direction>
58         </finger_contact>
59         <finger_flexion>Fechado</finger_flexion>
60     </joint>
61         <id>12</id>
62     </joint>
63 </middle>
64 <ring>
65     <id>16</id>
66     <relax>>false</relax>
67     <finger_contact>
68         <id>14</id>
69         <contact_type>Envergado</contact_type>
70         <contact_direction>Neutro
71         </contact_direction>
72     </finger_contact>
73     <finger_flexion>Fechado</finger_flexion>
74 </joint>
75     <id>15</id>
76 </joint>
77 </ring>
78 <pinky>
79     <id>19</id>
80     <relax>>false</relax>
81     <finger_contact>
82         <id>17</id>
83         <contact_type>Envergado</contact_type>
84         <contact_direction>Neutro
85         </contact_direction>
86     </finger_contact>
87     <finger_flexion>Fechado</finger_flexion>
88 </joint>
89     <id>18</id>
90 </joint>
91 </pinky>
92 </fingers>
93 <id>21</id>
94 </handshape>
95 <orientation>
96     <id>25</id>
97     <or_palm>
98         <id>22</id>
99         <directions>Abaixo</directions>
100 </or_palm>
101 <or_fingers>
102     <id>23</id>
103     <directions>Abaixo</directions>
104     <rotation_dif>Horario</rotation_dif>
105 </or_fingers>
106 <or_forearm>
107     <id>24</id>
108     <horizontal>CentoOitentaGrau</horizontal>

```

```

109         <vertical>QuarentaCincoGrauLateralMD</vertical>
110     </or_forearm>
111     <or_elbow>NoventaGrau</or_elbow>
112 </orientation>
113 <location>
114     <id>4</id>
115 </location>
116 </dominant_hand>
117 <non_dominant_hand>
118     <id>27</id>
119 </non_dominant_hand>
120 </manual>
121 <non_manual>
122     <id>29</id>
123 </non_manual>
124 </hold>
125 <movement>
126     <id>40</id>
127     <simple>
128         <id>39</id>
129         <local>
130             <id>32</id>
131         </local>
132         <path>
133             <id>38</id>
134             <hand>MaoDominante</hand>
135             <type>
136                 <id>33</id>
137                 <shape>Reto</shape>
138             </type>
139             <plane>
140                 <id>34</id>
141                 <plane>Vertical</plane>
142                 <surface>Cabeca</surface>
143             </plane>
144             <directionality>
145                 <id>37</id>
146                 <unidirectional>ParaFrente</unidirectional>
147             </directionality>
148             <manner>
149                 <id>36</id>
150                 <speed>Normal</speed>
151                 <frequency>
152                     <id>35</id>
153                     <numero>2</numero>
154                     <repeated>Simples</repeated>
155                 </frequency>
156                 <extension>Normal</extension>
157             </manner>
158         </path>
159     </simple>
160     <complex>
161         <id>31</id>
162     </complex>
163 </movement>
164 </segments>
165 </sign>
166 </phonetic_component>

```

Esta verificação do modelo formal é realizada pelo usuário com conhecimento do modelo CORE-SL, na qual realiza avaliações do modelo proposto com as informações cadastradas na etapa anterior. Porém, como esta verificação pode ser subjetiva, ou seja, dependendo-se do conhecimento do usuário, foi elaborada uma etapa posterior de animação do sinal, na qual pode-se verificar através de avatar o sinal sendo enunciado pelo personagem 3D.

Animação

A animação é a última etapa na simulação para prova de conceito do modelo de representação de sinais em Língua de Sinais CORE-SL, pois nela são utilizadas as estruturas e modelos criados pelo CORE-SL com a função de apresentar ao usuário a reprodução através de avatar 3D a enunciação do sinal cadastrado.

Nesta etapa da pesquisa apenas os parâmetros de configuração de mão do sinal foram utilizados no avatar inteligente, a tela que exibe esta animação é apresentada na figura 3.14.

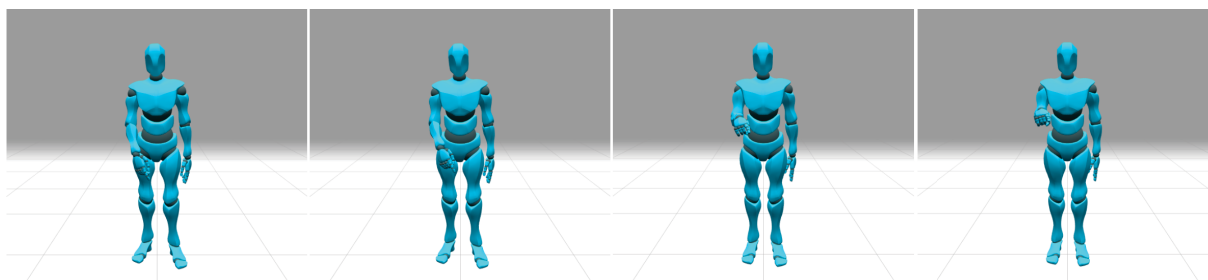


Figura 3.14: Tela com animação do sinal “Você” através do avatar inteligente.

Neste capítulo foram apresentados os elementos que fizeram parte do desenvolvimento dos protótipos de descrição de sinais e avatar inteligente, também a simulação para prova de conceito do modelo CORE-SL. Além disso, foram apresentadas as funcionalidades e os objetivos que cada uma deve atender, bem como a descrição do seu funcionamento. As ferramentas utilizadas e os recursos necessários para as implementações, também apresentados, foram essenciais para a construção dos componentes em Java e Javascript. Pode-se constatar que a junção destes recursos gera uma ferramenta poderosa para desenvolvimento *web*, permitindo a inclusão de diversas funcionalidades e com diferentes tipos de mídias.

Os protótipos de descrição de sinais implementados conforme descrito neste capítulo são adaptáveis à mudanças do modelo de representação de sinais CORE-SL, conforme a Língua de Sinais desejada.

Sendo assim, o protótipo de geração de descrições de sinais desenvolvido permite a realização de cadastro e visualização das descrições, bem como possibilitar comunicação entre sistemas via arquivos no padrão JSON e XML. Por meio deste protótipo, linguistas e desenvolvedores de sistemas poderão utilizar de diferentes formas este sistema, linguistas podendo aplicar o modelo para as línguas de sinais com suas especificidades a ser acrescentadas e substituídas com o objetivo de elaborar a descrição de sinais e os desenvolvedores para utilizar as descrições para criarem suas próprias aplicações e sistemas.

Além disso, a reprodução do sinal pela animação no avatar inteligente apresentou de forma concisa como o modelo CORE-SL é adequado a representação de sinais nas Línguas de Sinais, por possibilitar todos os parâmetros necessários da sinalização e ser coerente a realidade dos sinais enunciados por surdos.

Capítulo 4

Conclusão e trabalhos futuros

Este capítulo apresenta as conclusões e traça diretrizes para os trabalhos futuros

4.1 Conclusões

A acessibilidade de comunicação mediada por línguas de sinais é a principal característica que a Arquitetura Computacional HCI-SL busca prover com o desenvolvimento de ferramentas, modelos e tecnologias. O processo de pesquisa e desenvolvimento relatado nesta dissertação se insere nesta arquitetura, tendo agregado a ela uma ferramenta para a especificação de sinais da Libras - CORE-SL-Sign Register.

A pesquisa realizada consistiu de uma pesquisa exploratória acerca dos temas de Línguas de Sinais, do modelo CORE-SL e tecnologias voltadas aos surdos com o intuito de desenvolvimento da ferramenta CORE-SL Sign Register, realizando um estudo exaustivo sobre a forma como os sinais da Libras são constituídos no nível fonológico, com o intuito de viabilizar a especificação consistente com o CORE-SL.

No desenvolvimento da ferramenta foi utilizado o padrão MVC apresentado no capítulo 4, sendo o Modelo o CORE-SL - estrutura utilizada como base para a especificação dos sinais, a Visualização concebida com aspectos dinâmicos para viabilizar a interação do usuário que tenha ou não conhecimento da Libras, e o Controle desde cada ação praticada pelo usuário nas funcionalidades apresentadas pela interface, até o armazenamento das informações inseridas no banco de dados relacional.

Os sinais especificados e inseridos na ferramenta foram selecionados para comporem o corpus de testes pelo grupo de pesquisadores e estudantes que trabalham no âmbito da arquitetura HCI-SL (incluído o autor) por comporem um conjunto de parâmetros representativos da fonologia e da morfologia da Libras, além de por terem sido retirados de texto de uso real na Educação de Surdos no INES.

Com o intuito de explorar os modelos e protótipos foram realizadas simulações determinadas pelos processos de cadastro e verificação dos sinais, nas quais foi possível constatar que o modelo pode ser adaptável para uso nestes artefatos tecnológicos e extensível a outros.

Após ter atingido o objetivo principal da dissertação, qual seja, a construção do módulo de especificação dos sinais da Libras a ser acoplado à arquitetura HCI-SL, foi feito um esforço adicional para iniciar a prova de conceito do modelo CORE-SL. O módulo “Avatar Inteligente” teve o intuito de explorar a ferramenta CORE-SL-Sign Register, gerando um avatar 3D que conseguiu fazer a simulação da configuração de mão e locação.

Adicionalmente, a partir do desenvolvimento do Avatar Inteligente e das simulações realizadas, notou-se a necessidade das seguintes alterações no modelo CORE-SL: inclusão de dedo de contato do

polegar na Configuração de Mão (pela existência de sinais que fazem uso de contato de polegar com algum dedo da mão) e remoção da direção dos dedos na Orientação (pois não há necessidade deste componente, já que a orientação da palma da mão é o suficiente para descrever essa situação).

Os desafios encontrados durante o projeto, permearam desde a concepção da ferramenta, com a pesquisa e elaboração de tecnologias para suprir as necessidades do modelo computacional CORE-SL, e também na construção do avatar inteligente, principalmente, na animação do avatar devido a complexidade de elementos e parâmetros de uma língua de sinais, além de leitura e análise da especificação do sinal pelo avatar. As escolhas tecnológicas e de modelo do avatar foram feitas de acordo com as necessidades do projeto, e mostraram-se como dificuldades, pois, durante a fase de desenvolvimento foram feitas diversas adaptações para inclusão de características dinâmicas, estas para seguir o modelo formal.

A presente dissertação concluiu a implementação da arquitetura CORE-SL em relação às operações de CRUD básicas, descrição e levantamento de sinais da Libras para formar uma base de sinais, elaboração de interface para entrada de sinais no CORE-SL, e auxílio aos trabalhos da Arquitetura HCI-SL para uso técnico e conceitual do CORE-SL.

4.2 Pesquisa futura

Com o objetivo de complementar o trabalho específico desenvolvido na presente dissertação, recomenda-se como trabalhos futuros a inclusão das operações de CRUD como edição e a busca de sinais a partir de vários tipos de filtros, a descrição detalhada dos parâmetros dos sinais levantados para formação da base de sinais, avaliação e reprojeção da interface de entrada de sinais, implementação de todos os parâmetros do CORE-SL no Avatar Inteligente, o detalhamento das simulações para prova de conceito do CORE-SL, especificando formalmente os parâmetros de avaliação e o grau de correteude para cada parâmetro mediante uso do Avatar Inteligente, a documentação formal dos códigos desenvolvidos e a avaliação formal do conjunto mínimo e máximo de parâmetros para os sinais. Também é incluído como trabalho futuro a criação de um ambiente de interface e interação em Libras para Surdos com vídeos para as descrições dos parâmetros. Outro trabalho futuro é a construção de um ambiente de interface e interação que permita a manipulação direta do avatar para o registro formal do sinal.

No entanto, o processo de complementação da presente dissertação exigirá a revisão prévia, necessária à tomada de decisões, da dissertação desenvolvida por Diego Addan Gonçalves durante seu trabalho de mestrado Gonçalves (2012), apresentado na seção 2.3 do segundo capítulo. Nesse trabalho, o autor fez a modelagem de um avatar, no qual simula os pontos de contato e as articulações do corpo humano, representando de maneira realista as configurações de mãos e os movimentos humanos. Nesse trabalho, o autor faz a interpretação dos parâmetros das descrições de sinais do modelo formal descrito em XML e a transcrição para o avatar 3D a partir do uso de um interpretador. Essa etapa teve por objetivo transformar os parâmetros do modelo em comandos para a execução automática de sinais por meio do Avatar 3D, para realizar a sinalização. A dissertação de Gonçalves, que tinha o avatar inteligente como objetivo principal, apresenta resultados e conclusões úteis na continuação do presente e dos demais trabalhos associados à arquitetura HCI-SL, ao identificar situações de restrição e contribuições para demais trabalhos, como o uso de navegadores web para a apresentação e a visualização do avatar, melhores técnicas para *rigging* dos que as que foram utilizadas no presente trabalho na exploração da possibilidade de integração da ferramenta de especificação com um avatar inteligente, a implementação correta de *rigging* facial, a atuação de malhas 3D mais complexas e completas, entre outras vantagens.

Por último, espera-se que um esforço a partir da defesa da presente dissertação, idealmente uma tese de doutorado, dê conta de integrar a ferramenta de especificação aqui descrita ao avatar

inteligente resultante da complementação da ferramenta com base na dissertação de Gonçalves (2012), envolvendo, também, os gestos faciais a emergirem da tese, em fase de finalização, de Gonçalves et al. (2017).

Referências

- Antunes, D. R. (2011). Um modelo de descrição computacional da fonologia da língua de sinais brasileira. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Antunes, D. R. (2015). *Proposta de um modelo computacional para representação de sinais em uma arquitetura de serviços HCI-SL para línguas de sinais*. Tese de doutorado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Ava (2017). Life with ava. <https://www.ava.me/life/>. Acessado em 22/12/2017.
- Beane, A. (2012). *3D Animation Essentials*. John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana.
- Bigogno, P. G. (2010). Cultura, comunidade e identidade surda: O que querem os surdos? <http://www.ufjf.br/graduacaocienciassociais/files/2010/11/Cultura-Comunidade-e-Identidade-Surda-Paula-Guedes-Bigogno.pdf>. Acessado em 22/11/2017.
- Brito, L. F. (1997). *Educação Especial Língua Brasileira de Sinais. Série Atualidades Pedagógicas*, volume 3. Brasília.
- Chomsky, N. (1955). *The Logical Structure Of Linguistic Theory*. Número 592 p. Springer, Cambridge, MA.
- do Brasil, G. (2016). Apesar de avanços, surdos ainda enfrentam barreiras de acessibilidade. <http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/09/apesar-de-avancos-surdos-ainda-enfrentam-barreiras-de-acessibilidade>. Acessado em 22/11/2017.
- Emmorey, K. (2002). *Language, Cognition, and the Brain: Insights From Sign Language Research*. LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, PUBLISHERS, London.
- Felipe, T. A. (2000). De flausino ao grupo de pesquisa da feneis. Em *V Seminário Nacional do INES: Surdez - Desafios para o Próximo Milênio*, páginas 87–89, Rio de Janeiro.
- Felipe, T. A. (2005). Dicionário da língua brasileira de sinais - versão 2.0. http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main_site/libras.htm. Acessado em 26/12/2017.
- Felipe, T. A. (2012). Aquisição da linguagem e escolas bilíngues para surdos. *Amazônida: revista do programa de Pós-Graduação em Educação da faculdade de educação da Universidade Federal do Amazonas*, (1):37–62.
- García, L. S., Guimarães, C., Antunes, D. R. e Fernandes, S. (2013). Hci architecture for deaf communities cultural inclusion and citizenship. Em *Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS*, volume 3.

- Giulia, P. (2017). Giulia mãos que falam. <https://www.projetogiulia.com.br/>. Acessado em 26/12/2017.
- Gonçalves, D., Todt, E. e Claudio, D. (2017). Landmark-based facial expression parametrization for sign languages avatar animation. Em *Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, número 34. ISBN: 978-1-4503-6377-8 DOI: 10.1145/3160504.3160507, páginas 1–6, Joinville - Brazil.
- Gonçalves, D. A. (2012). Avatar 3d para a síntese automática de sinais da língua de sinais brasileira. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Medeiros, H. (2017). Introdução ao padrão mvc. <https://www.devmedia.com.br/introducao-ao-padrao-mvc/29308>. Acessado em 29/11/2017.
- MotionSavvy (2017). Introducing uni. <http://www.motionsavvy.com/uni.html>. Acessado em 22/12/2017.
- OMS (2012). Who global estimates on prevalence of hearing loss. http://www.who.int/pbd/deafness/WHO_GE_HL.pdf?ua=1. Acessado em 22/11/2017.
- ProDeaf (2017). O que é? <http://www.prodeaf.net/>. Acessado em 26/12/2017.
- Signbank (2017). Editor de sinais. <http://www.signbank.org/signmaker/#?ui=ptBR>. Acessado em 26/12/2017.
- Spreadthesign (2017). Dicionário de língua de sinais. <https://www.spreadthesign.com/br/>. Acessado em 26/12/2017.
- Talk, H. (2017). Sobre o hand talk. <http://www.handtalk.me/sobre>. Acessado em 22/12/2017.
- Valli, C. e Lucas, C. (2000). *Linguistics of American Sign Language: an introduction*. Número 3a. Edição. Gallaudet University Press, Washington, DC.
- VLibras (2017). Vlibras - tradução. <http://www.vlibras.gov.br/>. Acessado em 26/12/2017.

Apêndice A

Anexos

The screenshot shows the 'Cadastro de Sinal' (Signal Registration) interface in the CORE-SL system. The main form is titled 'Sinal' and contains the following elements:

- Identificador do sinal:** A text input field containing 'Você'.
- Tipo de sinal:** A dropdown menu with options: 'Sequencial', 'Simple', 'Sequencial', and 'Soletração'. The 'Sequencial' option is currently selected.
- Segmentos:** A set of tabs including 'Suspensão' (selected) and 'Movimento'.
- Suspensão Section:**
 - Articulação:** A dropdown menu with 'Manual' selected.
 - Mãos utilizadas:** A dropdown menu with 'Uma mão' selected.
 - Configuração de mão:** A sub-section with tabs for 'Localção' and 'Orientação'.
 - Dedos:** A row of buttons for 'Polegar', 'Indicador', 'Médio', 'Anelar', and 'Mínimo'.
 - Rotação:** A label for the rotation parameter.
 - Flexão de rotação:** A label for the rotation flexion parameter.

Figura A.1: Estrutura do tipo de sinal no CORE-SL.

Tipo de Sinal
Simple
Sequencial
Soletração

Tabela A.1: Descrições do tipo de sinal no CORE-SL.

Você Sequencial
 Segmentos **Suspensão**
 + Inserir mais suspensões + Inserir mais movimentos
 Suspensão **Movimento**
 Suspensão
Articulação:
 Manual
 Não manual
 Manual e não manual
 Uma mão
Configuração de mão: Locação Orientação
Dedos:
 Polegar Indicador Médio Anelar Mínimo
Rotação: Lateral **Flexão de rotação:** Aberto
Contato: Sem contato **Dedo de contato:** Sem contato
 Cadastrar

Figura A.2: Estrutura do tipo de articulação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Tipo de Articulação

Manual
 Não manual
 Manual e não manual

Tabela A.2: Descrições do tipo de articulação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Você Sequencial
 Segmentos **Suspensão**
 + Inserir mais suspensões + Inserir mais movimentos
 Suspensão **Movimento**
 Suspensão
Articulação: Manual
Mãos utilizadas:
 Uma mão
 Uma mão
 Duas mãos
Configuração de mão: Locação Orientação
Dedos:
 Polegar Indicador Médio Anelar Mínimo
Rotação: Lateral **Flexão de rotação:** Aberto
Contato: Sem contato **Dedo de contato:** Sem contato
 Cadastrar

Figura A.3: Estrutura de mãos utilizadas na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Mãos utilizadas
Uma mão
Duas mãos

Tabela A.3: Descrições de mãos utilizadas na Suspensão de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows a web interface for configuring a signal suspension. At the top, there are fields for 'Você' and 'Sequencial'. Below, there are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão'. The 'Suspensão' tab is active, showing a 'Movimento' sub-tab. The main configuration area includes:

- Articulação:** Manual
- Mãos utilizadas:** Uma mão
- Configuração de mão:** Locação, Orientação
- Dedos:** Polegar, Indicador, Médio, Anelar, Mínimo
- Rotação:** Lateral, Lateral, Paralelo, Sem contato
- Flexão de rotação:** Aberto
- Dedo de contato:** Sem contato

A 'Cadastrar' button is located at the bottom of the form.

Figura A.4: Estrutura da rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Rotação
Lateral
Paralelo

Tabela A.4: Descrições da rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Suspensão' configuration page in the CORE-SL system. At the top, there are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão', and a 'tipo de movimento' dropdown set to 'Sequencial'. Below these are two green buttons: '+ Inserir mais suspensões' and '+ Inserir mais movimentos'. The main form area is titled 'Suspensão' and contains several fields: 'Articulação:' (Manual), 'Mãos utilizadas:' (Uma mão), 'Configuração de mão' (Locação, Orientação), 'Dedos:' (Polegar, Indicador, Médio, Anelar, Mínimo), 'Rotação:' (Lateral), and 'Contato:' (Sem contato). The 'Flexão de rotação:' dropdown is open, showing the following options: Fechado, Aberto, Flexionado, and Curvado. A blue 'Cadastrar' button is at the bottom.

Figura A.5: Estrutura da flexão de rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Flexão de Rotação
Aberto
Fechado
Flexionado
Curvado

Tabela A.5: Descrições da flexão de rotação na Suspensão de sinal no CORE-SL.

This screenshot is similar to Figure A.5, showing the 'Suspensão' configuration page. In this instance, the 'Contato:' dropdown menu is open, displaying the following options: Almofoada na unha, Sem contato, Almofoada na unha, Pontas dos Dedos, Almofoadas, and Unha na almofoada. The 'Flexão de rotação:' dropdown remains closed, showing 'Fechado' as the selected option. The rest of the interface, including the 'Cadastrar' button, is identical to the previous figure.

Figura A.6: Estrutura do tipo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Tipo de contato do polegar
Almofada na unha
Pontas dos Dedos
Almofadas
Unha na almofada

Tabela A.6: Descrições do tipo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Suspensão' configuration page in the CORE-SL system. The 'Contato' dropdown menu is open, displaying the following options: Médio, Sem contato, Indicador, Anelar, and Mínimo. The 'Médio' option is currently selected. Other visible settings include 'Articulação' set to 'Manual', 'Mãos utilizadas' set to 'Uma mão', and 'Rotação' set to 'Lateral'. The 'Flexão de rotação' is set to 'Fechado'.

Figura A.7: Estrutura de dedo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Dedo de contato do polegar
Indicador
Médio
Anelar
Mínimo

Tabela A.7: Descrições de dedo de contato do polegar na Suspensão de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Suspensão' configuration page in the CORE-SL system. At the top, there are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão', and a dropdown for 'Sequencial'. Below this are two green buttons: '+ Inserir mais suspensões' and '+ Inserir mais movimentos'. The main form area is titled 'Suspensão' and contains several sections: 'Articulação' (Manual), 'Mãos utilizadas' (Uma mão), 'Configuração de mão' (Locação, Orientação), and 'Dedos' (Polegar, Indicador, Médio, Anelar, Mínimo). Under 'Dedos', there are radio buttons for 'Dedo Relaxado', 'Flexão', and 'Junção'. The 'Contato' section includes a 'Tipo de contato' dropdown menu (currently open with options: Envergado, Empilhado, Envergado, Lateral, Cruzado, Neutro), a 'Direção do contato' dropdown (set to Polegar), and a 'Flexão do dedo' dropdown (set to Aberto). A blue 'Cadastrar' button is at the bottom.

Figura A.8: Estrutura de tipo de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Tipo de contato
Empilhado
Envergado
Lateral
Cruzado
Neutro

Tabela A.8: Descrições de tipo de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.

This screenshot shows the same 'Suspensão' configuration page as Figure A.8, but with the 'Direção do contato' dropdown menu open. The options visible are Neutro, Polegar, Mínimo, and Neutro. The 'Tipo de contato' dropdown is now closed and set to 'Envergado'. The 'Flexão do dedo' dropdown is set to 'Aberto'. The 'Cadastrar' button remains at the bottom.

Figura A.9: Estrutura de direção de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Direção de contato
Polegar
Mínimo
Neutro

Tabela A.9: Descrições de direção de contato na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Figura A.10: Estrutura de flexão de dedo na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Flexão de dedo
Aberto
Fechado
Curvado
Flexionado
Flexionado (articulação proximal)
Flexionado (articulação média)
Flexionado (articulação distal)

Tabela A.10: Descrições de flexão de dedo na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você | Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões | + Inserir mais movimentos

Suspensão | Movimento

Suspensão

Articulação: Manual

Mãos utilizadas: Uma mão

Configuração de mão: Locação | Orientação

Dedos: Polegar | Indicador | Médio | Anelar | Mínimo

Dedo Relaxado

Flexão Junção

Contato: Tipo de contato: Envergado | Direção do contato: Neutro

Junção: Junção próxima: Aberto | Junção média: Aberto | Junção distal: Aberto

Aberto
Fechado
Flexionado
Curvado

Cadastrar

Figura A.11: Estrutura de junção na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Junção
Aberto
Fechado
Curvado
Flexionado

Tabela A.11: Descrições de junção na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Sinal

Identificador do sinal: Você | Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões | + Inserir mais movimentos

Suspensão | Movimento

Suspensão

Articulação: Manual

Mãos utilizadas: Uma mão

Configuração de mão: Locação | Orientação

Palma: Abaixo

Dedos: Direção: Frente | Rotação: Horário

Antebraço: Horizontal: 0° (lado da mão) | Vertical: 90° (acima)

Cotovelo: Lateral

Cadastrar

Figura A.12: Estrutura da palma na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Palma
Frente
Atrás
Esquerda
Direita
Acima
Abaixo

Tabela A.12: Descrições de palma na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Figura A.13: Estrutura da direção dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Direção dos dedos
Frente
Atrás
Esquerda
Direita
Acima
Abaixo

Tabela A.13: Descrições da direção dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Sinal

Identificador do sinal: Tipo de sinal:

Segmentos **Suspensão**

[+ Inserir mais suspensões](#) [+ Inserir mais movimentos](#)

Suspensão **Movimento**

Suspensão

Articulação:

Mãos utilizadas:

[Configuração de mão](#) [Locação](#) **Orientação**

Palma: Dedos: Rotação: Antebraço: Vertical: Cotovelo:

[Cadastrar](#)

Figura A.14: Estrutura da rotação dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Rotação dos dedos

Horário
Anti-horário

Tabela A.14: Descrições da rotação dos dedos na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Sinal

Identificador do sinal: Tipo de sinal:

Segmentos **Suspensão**

[+ Inserir mais suspensões](#) [+ Inserir mais movimentos](#)

Suspensão **Movimento**

Suspensão

Articulação:

Mãos utilizadas:

[Configuração de mão](#) [Locação](#) **Orientação**

Palma: Dedos: Rotação: Antebraço: Vertical: Cotovelo:

[Cadastrar](#)

Figura A.15: Estrutura do horizontal na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Horizontal
0° (lado da mão dominante)
45° (diagonal)
90° (frente)
135° (diagonal)
180° (lado da mão não-dominante)

Tabela A.15: Descrições do horizontal na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Figura A.16: Estrutura do vertical na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Vertical
90° (acima)
45° (lateral da mão dominante)
45° (diagonal da mão dominante)
45° (profundo, para frente)
45° (diagonal da mão não-dominante)
45° (lateral da mão não-dominante)

Tabela A.16: Descrições do vertical na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Figura A.17: Estrutura do cotovelo na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Cotovelo
Lateral
Profundo
0° (paralelo ao corpo)
45° (médio)
90° (extendido)
135° (alto)

Tabela A.17: Descrições do cotovelo na Suspensão de sinal no CORE-SL.

Figura A.18: Estrutura do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.

Tipo de Movimento
Simplex
Complexo

Tabela A.18: Descrições do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows a web interface for configuring signal movement. At the top, there are fields for 'Identificador do sinal:' (containing 'Você') and 'Tipo de sinal:' (a dropdown menu with 'Sequencial' selected). Below these are two tabs: 'Segmentos' and 'Suspensão'. Under 'Suspensão', there are two green buttons: '+ Inserir mais suspensões' and '+ Inserir mais movimentos'. A sub-tab 'Movimento' is active, showing a 'Tipo de movimento:' dropdown menu with 'Simplex' selected. Below this, there are several sub-sections: 'Tipo de trajeto:' with a dropdown menu showing 'Movimento com trajeto', 'Movimento local', and 'Movimento com trajeto'; 'Forma:' with a dropdown menu showing 'Reto'; 'Unidirecional:' with a dropdown menu showing 'Para cima'; 'Maneira:' with fields for 'Velocidade:', 'Tensão:', 'Extensão:', and 'Frequência:'. At the bottom, there is a blue 'Cadastrar' button.

Figura A.19: Estrutura da definição do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.

Definição do tipo de Movimento
Movimento local
Movimento por trajeto

Tabela A.19: Descrições da definição do tipo de Movimento de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você

Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão Movimento

Tipo de movimento: Simples

Movimento com trajeto

Mão:

- Mão dominante
- Mão não-dominante

Movimento simétrico:

- Forma: Reto

Unidirecional: Para cima

Maneira:

- Velocidade:
- Tensão:
- Extensão:
- Frequência:

Cadastrar

Figura A.20: Estrutura da mão no Movimento de sinal no CORE-SL.

Mão no Movimento

Mão dominante

Mão não-dominante

Tabela A.20: Descrições da mão no Movimento de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você

Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão Movimento

Tipo de movimento: Simples

Movimento com trajeto

Mão:

- Mão dominante

Tipo de trajeto:

- Forma:
- Plano:
- Vertical:
- Direcionalidade: Unidirecional

Movimento simétrico:

- Simétrico
- Alternado
- Simultâneo

Unidirecional: Para cima

Maneira:

- Velocidade:
- Tensão:
- Extensão:
- Frequência:

Cadastrar

Figura A.21: Estrutura do movimento simétrico no Movimento de sinal no CORE-SL.

Movimento simétrico
Simétrico
Alternado
Simultâneo

Tabela A.21: Descrições do movimento simétrico no Movimento de sinal no CORE-SL.

The screenshot displays the configuration interface for a signal movement in the CORE-SL system. At the top, there are fields for 'Identificador do sinal:' (set to 'Você') and 'Tipo de sinal:' (set to 'Sequencial'). Below this, there are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão'. The main configuration area is titled 'Tipo de movimento:' and includes a dropdown for 'Movimento com trajeto'. The 'Tipo de trajeto:' dropdown is currently open, showing three options: 'Forma', 'Interação', and 'Contato'. Other configuration options include 'Mão dominante', 'Forma', 'Reto', 'Unidirecional', 'Para cima', 'Velocidade', 'Tensão', 'Extensão', and 'Frequência'. A 'Cadastrar' button is located at the bottom of the form.

Figura A.22: Estrutura do tipo de trajeto no Movimento de sinal no CORE-SL.

Tipo de trajeto
Forma
Interação
Contato

Tabela A.22: Descrições do tipo de trajeto no Movimento de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Movimento' configuration page in the CORE-SL system. At the top, there are fields for 'Identificador do sinal:' (set to 'Você') and 'Tipo de sinal:' (set to 'Sequencial'). Below these are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão', with 'Suspensão' being the active tab. Two green buttons are present: '+ Inserir mais suspensões' and '+ Inserir mais movimentos'. Underneath, there are sub-tabs for 'Suspensão' and 'Movimento', with 'Movimento' selected. The 'Tipo de movimento:' dropdown is set to 'Simples'. Below this, there are several dropdown menus: 'Movimento com trajeto', 'Mão:' (set to 'Mão dominante'), 'Tipo de trajeto:' (set to 'Forma'), 'Plano:' (set to 'Vertical'), 'Direcionalidade:' (set to 'Unidirecional'), and 'Maneira:'. The 'Forma:' dropdown is open, showing a list of options: 'Reto', 'Espiral', 'Circular', 'Arco', 'Ondulatório', and 'Zigue zague'. At the bottom, there are input fields for 'Velocidade:', 'Tensão:', 'Extensão:', and 'Frequência:'. A blue 'Cadastrar' button is at the very bottom.

Figura A.23: Estrutura da forma no Movimento de sinal no CORE-SL.

Forma
Reto
Espiral
Circular
Arco
Ondulatório
Zigue zague

Tabela A.23: Descrições da forma no Movimento de sinal no CORE-SL.

This screenshot is similar to Figure A.23, showing the 'Movimento' configuration page. However, the 'Forma:' dropdown is now set to 'Reto'. The 'Plano:' dropdown is open, showing a list of options: 'Vertical', 'Horizontal', 'Obliquo', 'Linha medial', and 'Superfície'. The 'Direcionalidade:' dropdown is now set to 'Para cima'. All other elements, including the 'Tipo de movimento:', 'Mão:', 'Tipo de trajeto:', 'Maneira:', and input fields for 'Velocidade:', 'Tensão:', 'Extensão:', and 'Frequência:', remain the same as in Figure A.23. The blue 'Cadastrar' button is at the bottom.

Figura A.24: Estrutura do plano no Movimento de sinal no CORE-SL.

Plano
Vertical
Horizontal
Oblíquo
Linha medial
Superfície

Tabela A.24: Descrições do plano no Movimento de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Movimento' configuration screen in the CORE-SL system. At the top, there are fields for 'Identificador do sinal:' (containing 'Você') and 'Tipo de sinal:' (containing 'Sequencial'). Below these are tabs for 'Segmentos' and 'Suspensão', with 'Suspensão' being the active tab. The 'Suspensão' sub-tab is also active, showing a green bar with '+ Inserir mais suspensões'. The 'Movimento' sub-tab is also visible. The main configuration area includes a 'Tipo de movimento:' dropdown set to 'Simple', a 'Movimento com trajeto' dropdown, and several other dropdowns: 'Mão:' (Mão dominante), 'Tipo de trajeto:' (Forma), 'Plano:' (Vertical), 'Direcionalidade:' (Unidirecional, Bidirecional), 'Mão:' (Mão dominante), 'Movimento simétrico:', 'Forma:' (Reto), 'Unidirecional:' (Para cima), and 'Extensão:'. There are also input fields for 'Frequência:'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Cadastrar'.

Figura A.25: Estrutura da direcionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Direcionalidade
Unidirecional
Bidirecional

Tabela A.25: Descrições da direcionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Figura A.26: Estrutura de unidirecionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Unidirecionalidade
Para cima
Para baixo
Para frente
Para trás
Para direita
Para esquerda
Para direita e para baixo (diagonal)
Para direita e para cima (diagonal)
Para esquerda e para baixo (diagonal)
Para esquerda e para cima (diagonal)
Para esquerda e para frente (diagonal)
Para esquerda e para trás (diagonal)
Para direita e para frente (diagonal)
Para direita e para trás (diagonal)
Para frente e para baixo
Para frente e para cima
Para baixo e para trás
Para cima e para trás

Tabela A.26: Descrições de unidirecionalidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você

Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão Movimento

Tipo de movimento: Simples

Movimento com trajeto

Mão: Mão dominante

Movimento simétrico: Movimento simétrico

Tipo de trajeto: Forma

Forma: Reto

Plano: Vertical

Direcionalidade: Unidirecional

Unidirecional: Para frente

Maneira:

Velocidade: Normal

Tensão:

Extensão:

Normal

Rápida

Lenta

Normal

Alta

Cadastar

Figura A.27: Estrutura de velocidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Velocidade
Rápida
Lenta
Normal
Alta

Tabela A.27: Descrições de velocidade no Movimento de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você

Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão Movimento

Tipo de movimento: Simples

Movimento com trajeto

Mão: Mão dominante

Movimento simétrico: Movimento simétrico

Tipo de trajeto: Forma

Forma: Reto

Plano: Vertical

Direcionalidade: Unidirecional

Unidirecional: Para frente

Maneira:

Velocidade: Normal

Tensão: Toque

Extensão:

Normal

Toque

Bater

Esfregar

Cadastar

Figura A.28: Estrutura de tensão no Movimento de sinal no CORE-SL.

Tensão
Toque
Bater
Esfregar

Tabela A.28: Descrições de tensão no Movimento de sinal no CORE-SL.

The screenshot shows the 'Movimento' configuration screen in the CORE-SL system. At the top, there are fields for 'Identificador do sinal:' (containing 'Você') and 'Tipo de sinal:' (containing 'Sequencial'). Below these are two green buttons: '+ Inserir mais suspensões' and '+ Inserir mais movimentos'. The main configuration area is divided into 'Suspensão' and 'Movimento' tabs. Under the 'Movimento' tab, the 'Tipo de movimento:' is set to 'Simple'. Below this, there are several dropdown menus: 'Mão dominante', 'Tipo de trajeto', 'Forma', 'Plano', 'Direcionalidade', 'Unidirecional', 'Mão simétrica', 'Forma', 'Unidirecional', 'Velocidade', 'Tensão', and 'Extensão'. The 'Extensão' dropdown menu is currently open, showing the following options: 'Normal', 'Curta', 'Longa', and 'Normal'. At the bottom of the screen, there is a blue button labeled 'Cadastrar'.

Figura A.29: Estrutura de extensão no Movimento de sinal no CORE-SL.

Extensão
Curta
Longa
Normal

Tabela A.29: Descrições de extensão no Movimento de sinal no CORE-SL.

Identificador do sinal: Você

Tipo de sinal: Sequencial

Segmentos: Suspensão

+ Inserir mais suspensões

+ Inserir mais movimentos

Suspensão Movimento

Tipo de movimento: Simple

Movimento com trajeto

Mão: Mão dominante

Movimento simétrico: Movimento simétrico

Tipo de trajeto: Forma

Forma: Reto

Plano: Vertical

Direcionalidade: Unidirecional

Unidirecional: Para frente

Maneira: Velocidade: Normal Tensão: Extensão: Normal

Frequência: Simple

Número de vezes de repetição: 0

Cadastrar

Figura A.30: Estrutura de frequência no Movimento de sinal no CORE-SL.

Frequência
Simple
Repetido

Tabela A.30: Descrições de frequência no Movimento de sinal no CORE-SL.

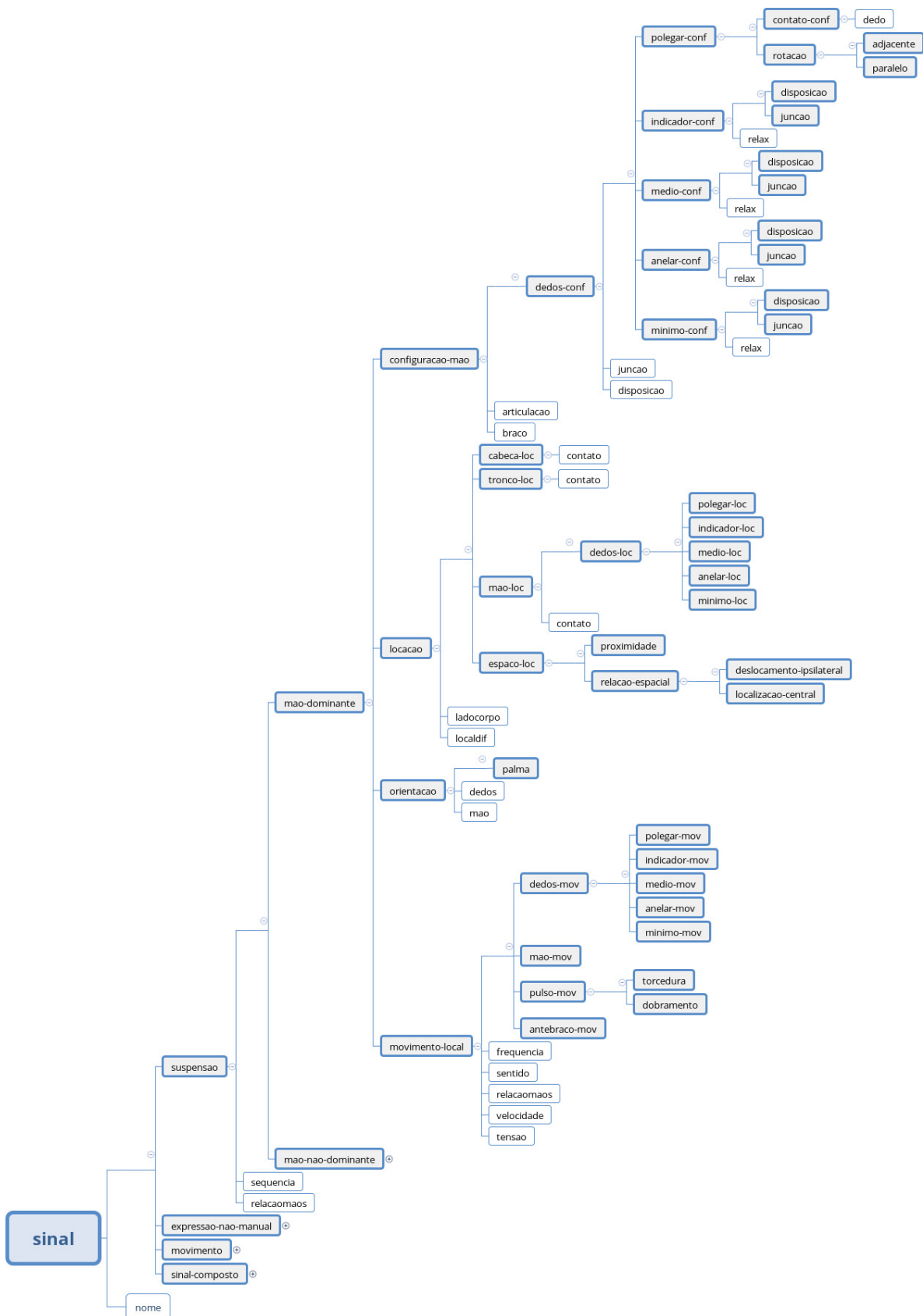


Figura A.31: Estrutura completa da mão dominante na suspensão do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

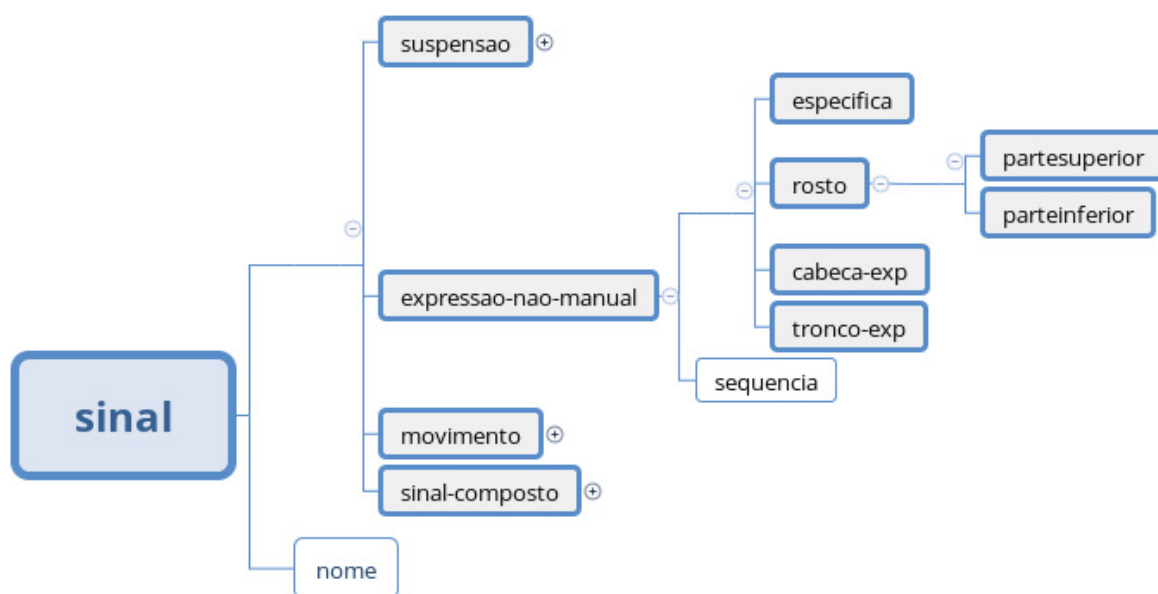


Figura A.32: Estrutura completa da expressão não-manual do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

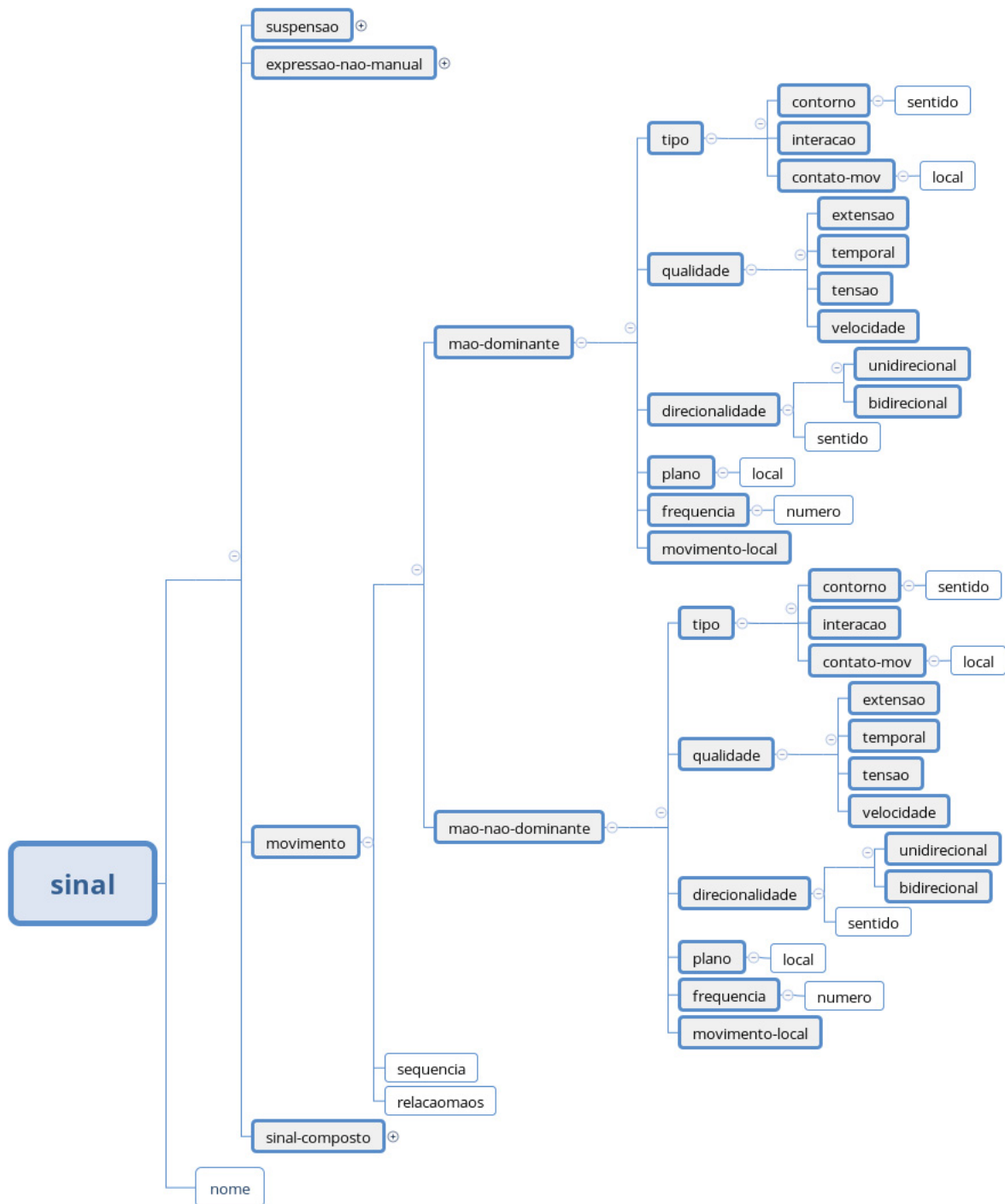


Figura A.33: Estrutura completa do movimento do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

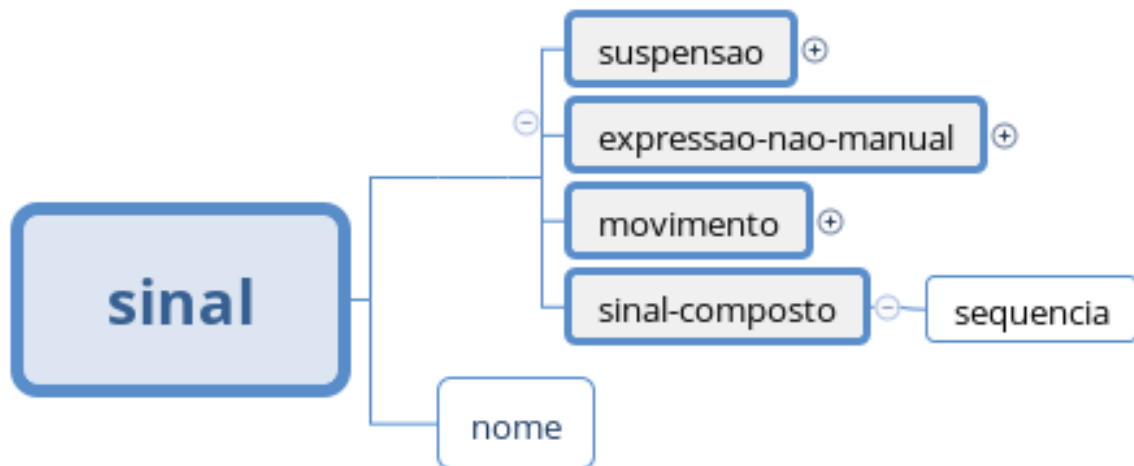


Figura A.34: Estrutura completa do sinal composto do sinal de Libras no CMPL.

Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

CORE-SL

core-sl

```
core_sl = (phonetic_component, morphologic_component?);
phonetic_component = identifier, sign;
```

sign

```
sign = ('simple', hold | 'sequential', (segment+), hold, | 'spelling', hold+);
segment = hold, movement;
```

hold

```
hold = 'articulator', (manual | non_manual | manual, non_manual);
```

manual

```
manual = 'one hand', dominant_hand
        | 'two hands', relation_non_dominant?, dominant_hand, non_dominant_hand;
```

```
relation_non_dominant = 'up' | 'down' | 'front' | 'back' | ... ;
```

symmetry

```
symmetry_rule = 'true', symmetry_relation | 'false', 'passive'
symmetry_relation = 'symmetry' | 'crossed_fingers' | 'palm_palm' | ... ;
```

hands

```
non_dominant_hand = symmetry_rule | dominant_hand;
```

```
dominant_hand = handshape, orientation, location;
```

```
handshape = closed_set | fingers;
```

fingers

```
fingers = thumb, ('index',finger), ('middle',finger), ('ring',finger),('pinky',finger);
```

```
thumb = thumb_rotation, thumb_contact?;
```

```
thumb_rotation = ('lateral' | 'parallel'), thumb_flexion;
```

```
thumb_flexion = 'opened' | 'closed' | 'flexed' | 'curved';
```

Figura A.35: Definição formal dos elementos do CORE-SL: core-sl, sign, hold, manual, symmetry, hands e fingers.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

```

thumb_contact = 'fingertips' | 'digital' | 'nail in digital' | 'digital in nail';

finger = relax, finger_contact, (finger_flexion | joint);
relax = 'true' | 'false';
finger_flexion = 'opened' | 'closed' | 'flexed' | 'curved' | 'flexed (proximal joint)'
                | 'flexed (middle joint)' | 'flexed (distal joint)';
finger_contact = contact_type, contact_direction;
contact_type = 'stacked' | 'spread' | 'lateral' | 'crossed' | 'neutral';
contact_direction = 'thumb' | 'pinky' | 'neutral';

```

joints

```

joint = joint_proximal, joint_medial, joint_distal;
joint_proximal = 'opened' | 'closed' | 'flexed' | 'curved';
joint_medial = joint_proximal;
joint_distal = joint_proximal;

```

orientation

```

orientation = or_palm, or_fingers, or_forearm, or_elbow;

or_elbow = ('lateral' | 'depth'),
           ("0° (body parallel)" | "45° (medial)" | "90° (extended)" | "135° (high)" |
           "180° (high)");

or_fingers = directions, rotation_dif?;
or_palm = directions;

directions = 'front' | 'back' | 'left' | 'right' | 'up' | 'down';
rotation_dif = 'clockwise' | 'counterclockwise';

or_forearm = horizontal | vertical;
horizontal = '0° (dominant-hand side)' | '45° (diagonal)' | '90° (front)'
            | '135° (diagonal)'
            | '180° (non-dominant-hand side)';
vertical = '90° (up)', '45° (lateral, dominant-hand)' | '45° (diagonal, dominant-hand)'
          | '45° (depth, forward)'
          | '45° (diagonal, non-dominant-hand)'
          | '45° (lateral, non-dominant-hand)';

```

Figura A.36: Definição formal dos elementos do CORE-SL: fingers, joints e orientation.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

location

```

location = dif?, position, (head | body | hand | space), specific_contact?;
dif = 'up' | 'down' | 'left' | 'right';
position = 'dominant hand' | 'non-dominant hand';

hand = loc_finger | ('palm' | 'back' | 'side' | 'side (thumb)' | 'side (pinky)'
  | 'fingers' | 'fingers (back)' | 'fingers (tip)' | 'base' | 'wrist');

loc_finger = ('thumb' | 'index' | 'middle' | 'ring' | 'pinky'),
  ('palm' | 'back' | 'side (thumb)' | 'side (pinky)' | 'tip' | 'base' | 'nail');

body = 'crook of his arm' | 'navel' | 'elbow' | 'pulse' | 'thigh' | 'abdomen'
  | 'inner side of the arm' | 'outside of the arm' | 'forearm' | 'arm - triceps'
  | 'waist' | 'chest' | 'stomach' | 'neck' | 'shoulder' | 'leg' | 'waist';

head = 'eyebrow' | 'chin' | 'teeth' | 'cheek' | 'lower lip' | 'upper lip' | 'lips'
  | 'tongue' | 'tip tongue' | 'mouth' | 'nose' | 'nose side' | 'nose tip' | 'eyes'
  | 'ear' | 'lower face' | 'top face' | 'face' | 'tests' | 'side of forehead'
  | 'head' | 'top head';

specific_contact = ('finger', ('index' | 'middle' | 'ring' | 'pinky')
  | 'fingers' | 'hand' | 'arm'),
  ('side (thumb)' | 'side (pinky)' | 'back' | 'palm' | 'base' | 'dorso'
  | 'tip' | 'nail', 'elbow');

space = laterality, height, depth;
depth = 'proximal' | 'distal' | 'medial' | 'extended';
height = 'head' | 'hand' | 'forehead' | 'eye' | 'eyebrow' | 'nose' | 'mouth'
  | 'chin' | 'cheek' | 'ear' | 'side of the head' | 'neck' | 'chest'
  | 'shoulder' | 'stomach' | 'abdomen';
laterality = 'distal in space sideways' | 'parallel to shoulder' | 'parallel to chest'
  | 'parallel to midline';

```

non-manual features

```

non_manual = phonetic | emotional | syntactic;

phonetic = manner_exp?, settings, position?;

```

Figura A.37: Definição formal dos elementos do CORE-SL: location e non-manual features.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

```

settings = body?, head?, face?;

head = 'inclination left and right'|'inclination back'|'inclination to the right side'
      | 'inclination to the left side'|'bending forward'|'rotate sideways (not)'|'
      | 'balancing forward and back (yes)';

face = top | bottom | (top, bottom);

top = forehead?, eyes?, eyebrow?;
forehead = 'furrowing';
eyes = 'closed' | 'semi-closed' | 'blink' | 'wide eyes' ;
eyebrow = 'furrowing' | 'raised - left' | 'raised - right';

bottom = cheek?, nose?, mouth?;
cheek = 'inflated cheeks and blowing'|'blowing'|'inflated cheeks'|'breathe out'
      | 'cheek contracted' | 'cheek contracted left'|'cheek contracted right'
      | 'inflated cheek left' | 'inflated cheek right';
nose = 'furrowing';
mouth = tongue?, lips? | ('open' | 'closed' | 'semi opened');
tongue = 'rub the teeth' | 'show the tip' | 'showing the tongue'|
      | 'pressing the tongue in cheek'|'move the tongue in cheek'
      | 'open mouth, tongue on the upper teeth';
lips = 'bite the upper lip' | 'bite the lower lip' | 'tight lips' | 'opened lips';

manner_exp = frequency, tension;

```

movement

```

movement = simple | complex;
simple = local | path;
complex = local, path;

```

local movement

```

local = hand?, symmetric_movement? , direction?, frequency?, speed?, tension?,
      mov_hand?, mov_wrist?, mov_forearm?, mov_fingers?;

mov_hand = ('rub' | 'vibration') | ('variation', handshape);
mov_wrist = wrist_twist | wrist_flexion;

```

Figura A.38: Definição formal dos elementos do CORE-SL: non-manual features, movement e local movement.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

```

mov_forearm = 'rotation' | sideways swing' | 'forward swing' | 'twist';
mov_fingers = finger_spec+ | mov_fingers;

mov_fingers = ('symmetric' | ('alternate', ('by pinky' | 'by thumb')?))?,
              ('vibration' | 'circles' | 'join', ('by side' | 'by fingertips')
               | 'spread' | 'flexion' | 'extension');
finger_spec = ('thumb' | 'index' | 'middle' | 'ring' | 'pinky'), mov_fingers;

wrist_twist = 'twist' | 'rotation' | 'rotation left' | 'rotation right';
wrist_flexion = 'flexion' | 'extension' | 'flexion to thumb' | 'flexion to pinky'
                 | 'flexion and extension' | 'flexion to thumb and to pinky';

direction = 'clockwise' | 'counterclockwise';
frequency = [1-9] | 'repeated';
speed = 'slow', 'normal', 'fast', 'high';
tension = 'touch' | 'knock' | 'rub';

symmetric_movement = 'symmetric' | 'alternate' | 'simultaneous';

hand = 'non-dominant hand' | 'dominant hand';

```

path movements

```

path = hand?, symmetric_movement?, type, plane, directionality, manner;

type = shape | interaction | contact;
shape = 'zig zag' | 'circular' | 'arc' | 'straight' | 'spiral' | 'wave';
interaction = 'crossed' | 'insertion' | 'separation' | 'approximation' | 'alternate';
contact = 'brush' | 'scratch' | 'touch' | 'rub' | 'grab' | 'link' | 'slide';

plane = ('vertical' | 'horizontal' | 'oblique' | 'middle line') | surface;
surface = 'surface', ('head' | 'hand' | 'forehead' | 'eye' | 'eyebrow' | 'nose' | 'mouth'
                      | 'chin' | 'cheek' | 'ear' | 'side of the head' | 'neck' | 'arm' | 'chest'
                      | 'shoulder' | 'stomach' | 'abdomen');

directionality = unidirectional | bidirectional;
unidirectional = 'up' | 'down' | 'left' | 'right' | 'forward' | 'backward' | 'up-left'
                  | 'up-right' | 'up-forward' | 'up-forward-left' ... ; (*XYZ combinations*)
bidirectional = 'up and down' | 'forward and backward' ... ;

```

Figura A.39: Definição formal dos elementos do CORE-SL: local movement e path movements.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).

```
manner = speed?, frequency?, tension?, extension?;  
extension = 'normal' | 'short' | 'long' ;
```

identifier

```
identifier = (string | integer)+  
string = [a-Z];  
integer = [0-9];
```

handshape > closed set

```
closed_set = handshape_1 | handshape_2 | ... handshape_n;  
  
handshape_1 = (*consiste de uma sentença derivada e válida sobre fingers*)
```

Figura A.40: Definição formal dos elementos do CORE-SL: path movements, identifier e handshape.

Fonte: Adaptado de Antunes (2015).