

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTÔNIO MARCOS CARDOSO SILVA

LEX-LIBRAS: DESCRIÇÃO DAS UNIDADES MORFOSSINTÁTICAS DA LIBRAS A
PARTIR DOS PARÂMETROS FONOLÓGICOS PARA O PROCESSO DE TRADUÇÃO
AUTOMÁTICA POR UM AVATAR

CURITIBA PR

2020

ANTÔNIO MARCOS CARDOSO SILVA

LEX-LIBRAS: DESCRIÇÃO DAS UNIDADES MORFOSSINTÁTICAS DA LIBRAS A
PARTIR DOS PARÂMETROS FONOLÓGICOS PARA O PROCESSO DE TRADUÇÃO
AUTOMÁTICA POR UM AVATAR

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*.

Orientadora: Laura Sánchez García.

Coorientadora: Tanya Amara Felipe.

CURITIBA PR

2020

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

S5861

Silva, Antônio Marcos Cardoso

Lex-Libras: descrição das unidades morfossintáticas da libras a partir dos parâmetros fonológicos para o processo de tradução automática por um avatar [recurso eletrônico] / Antônio Marcos Cardoso Silva. – Curitiba, 2020.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Informática, 2020.

Orientadora: Laura Sánchez García.

Coorientadora: Tanya Amara Felipe.

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

CDD: 006.3

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIENCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INFORMÁTICA -
40001016034P5

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 **ANTÔNIO MARCOS CARDOSO SILVA** intitulada: **LEX-LIBRAS: DESCRIÇÃO DAS UNIDADES MORFOSSINTÁTICAS DA LIBRAS A PARTIR DOS PARÂMETROS FONOLÓGICOS PARA O PROCESSO DE TRADUÇÃO AUTOMÁTICA POR UM AVATAR**, sob orientação da Profa. Dra. LAURA SANCHEZ GARCIA, que após terem inquirido o aluno e realizada 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, 03 de Março de 2020.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Laura S'".

LAURA SANCHEZ GARCIA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Tanya".

TANYA AMARA FELIPE DE SOUZA

Coorientador - Avaliador Externo (INSTITUTO NACIONAL DE EDUCAÇÃO DE SURDOS)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diego Roberto Antunes".

DIEGO ROBERTO ANTUNES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "André".

ANDRÉ LUIZ PIRES GUEDES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



*Dedico esta dissertação à minha avó, Zenor Cravo de Amorim (*in memoriam*), pela beleza da vida que ela teve e por mesmo sem saber ler ou escrever, habilidades imprescindíveis nos dia atuais, foi uma das pessoas mais sábias que tive a oportunidade de conhecer. Aos meus pais, Dona Cica e Seu Galdino, que sempre investiram em mim e em meus irmãos. O "investir", empregado aqui não tem relação com dinheiro, mas com dedicação, amor, paciência e amizade, afetos estes que acredito terem me tornado mais forte para enfrentar minha jornada, nunca esqueço que eles me "deram"uma banca de revistas quando eu tinha oito anos. Foi o meu melhor presente.*

AGRADECIMENTOS

Ao Edú, pelo companheirismo, paciência e dedicação durante todo o tempo não só da escrita deste trabalho, mas do curso de Mestrado. Aos colegas que fiz na UFPR, em especial Maíra Codo e Marta Ferreira, que são amigas que hei de levar vida afora.

À UEPA (Universidade do Estado do Pará), em especial a PROPESP (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação), por terem me liberado integralmente de minhas atividades docentes para que eu pudesse cursar o mestrado.

Aos meus pais Cica e Gal, por sempre estarem me apoiado e me ouvindo, mesmo estando longe deles, e por ultimo, mas não menos importante, as minhas Orientadoras Professoras Laura Sánchez García e Tanya Amara Felipe, pela paciência, confiança e dedicação que tiveram comigo.

ABSTRACT

This research is inserted in the context of the Human Interaction Architecture in Sign Language (HCI-SL), which has one of its axes to provide interaction in sign language and the Computational Model for Signal Representation of Sign Languages (CORE - SL), which considers a set of properties and formal conditions for using the computer for use with HCI-SL. CORE-SL presents a linguistic-computational structure for computational representation of the signal.

There are a group of verbs in Libras that inflect at its morphological level, so that CORE-SL generates these signals properly, it is necessary to add the morphological processing module, which must be able to describe the rules of this linguistic level.

Nowadays the Portuguese to Libras translation systems are also looking for alternatives to resolve the issue regarding morphosyntactic aspects in the generation of sentences, especially when it comes to the verb and its inflexion system, where some of the five parameters (hand configuration, articulation point, hands orientation, movement and non-manual expression) may change.

In this context, this research presents the Lex-Libras, a grammar, that is, a transcription system capable of describing the morphosyntactic level of Libras through a set of rules described in the form of attributes with their respective values. For the description, Lex-Libras used as input the phonological model already presented in CORE-SL. The rules described should be used for the construction of the sign in a semi-automatic translation process making it able to computational implementation through an intelligent avatar, the rules can also be used as input for the construction of the sentence at the next linguistic level.

This research presents: a research reviews were made on the HCI-SL architecture and state-of-the-art research on processing the linguistic code of Libras. The conceptual model in a tree format, the formal model through EBNF (Formalismo Backus Naum Extended). Additionally, a lexical description (initial study) was also presented in LFG (Functional Lexical Grammar) for Libras, a proposal for integration with the Signal Generation tool (CORE-SL-Sign Register) and finally the encoding of this register in JSON as a conceptual validation.

Keywords: Brazilian Sign Language, Computational Model, Morphosyntactic Rules, Lex-Libras, CORE-SL

LISTA DE FIGURAS

1.1	Contexto da Dissertação no HCI-SL e CORE-SL	12
1.2	Abstração de uso do Lex-Libras na HCI-SL	14
2.1	Abstração da Arquitetura HCI-SL	15
2.2	CORE-SL para os demais Níveis da Língua	16
2.3	Visão geral do modelo fonológico	17
2.4	Visão macro do Lex-Libras no CORE-SL	18
2.5	Avatar proposto pelo grupo IHC-UFPR	19
2.6	Proposta de avatar feita pelo Grupo.	20
2.7	Exemplo de Tradução Pulo	21
2.8	Gramática gerada pelo Pulo.	21
2.9	Geração de Sentença com o ProDeaf	23
2.10	Estrutura de Tradução na Linguagem Intermediária	24
2.11	geração de sentença	24
2.12	Exemplo frase gerada pelo HandTalk.	25
2.13	Estrutura de Tradução na Linguagem Intermediária	26
3.1	Exemplo Modificação da Raiz por Sufixo	30
3.2	Verbo com flexão para a pessoa do discurso (PERGUNTAR)	30
3.3	Verbo com flexão para o aspecto verbal (ANDAR na ponta dos pés)	31
3.4	Exemplo de verbos com flexão de gênero.	31
3.5	Verbo com flexão para o locativo (COLOCAR)	32
3.6	Incorporação do numeral para o sinal ANTEONTEM	32
3.7	Verbo com caso modal TRABALHAR	33
3.8	Sinal ESCOLA	33
3.9	Processo de Formação de Sinais na Libras	34
4.1	Especificação do elemento <morfema>	38
4.2	Especificação do atributo <caso>	38
4.3	Especificação do elemento <flex>	39
4.4	Especificação do elemento <lexema>	39
4.5	Especificação do elemento <gramema>	40
4.6	Especificação do elemento <flexpd>	40
4.7	Especificação do elemento <gramgen>	41
4.8	Tabela de Configuração de mãos	41

4.9	Especificação do elemento <gramloc>	42
4.10	Especificação do Elemento <expressao-nao-manual>	43
4.11	Inclusão do Lex-Libras no CORE-SL, via GLC	44
4.12	Descrição em LFG verbo "falar"	45
4.13	Descrição em LFG substantivo "mosquito"	45
4.14	Descrição em LFG do adjetivo "velh@"	45
4.15	Descrição em LFG de um advérbio "muito"	46
4.16	Descrição em LFG verbo "DAR"em Português	46
4.17	Transcrição em glossas verbo "colocar"	46
4.18	Descrição em LFG verbo "colocar"	46
4.19	Descrição em LFG da preposição.	47
4.20	Descrição em LFG verbo andar.	47
4.21	Descrição em LFG do verbo "tampar"	47
4.22	Protótipo do Cadastro de Morfemas	48
5.1	Trecho 1 do corpus	50
5.2	Trecho 2 do corpus	50
5.3	Codificação do gramema do verbo tampar	51
5.4	Codificação do verbo com flexão de gênero	52
5.5	Codificação do lexema do verbo doer.	53
5.6	Codificação da ENM do sinal "musculo-braço"	53
5.7	Verbo com flexão para a pessoa do discurso	54
5.8	Descrição em JSON do verbo "falar"	55

LISTA DE ACRÔNIMOS

adj	Adjetivo
adv	Advérbio
cat-gram	Categoria gramatical
cat-morf	Categoria morfológica
conj	Conjunção
gramgen	Gramema dos verbos com flexão para gênero
gramloc	Gramema dos verbos com flexão para o locativo
grampd	Gramema dos verbos com flexão para a pessoa do discurso
lexgen	Lexema dos verbos com flexão para gênero
lexloc	Lexema dos verbos com flexão para o locativo
lexpd	Lexema dos verbos com flexão para a pessoa do discurso
EBNF	Extended Backus Naum form
enm	Expressões não manuais
flex	Verbos com flexão
GLC	Gramática Livre de Contexto
HCI-SL	Human-Computer Interaction in Sign Language
inflex	verbos que não flexinam
int	Interjeição
LFG	Lexical Funcional Grammar
num	Numeral
S	Sentença
SN	Sintagma Nominal
SV	Sintagma Verbal
N	Nome (substântivo)
Obj1	objeto-direto
Obj2	Objeto indireto
prep	Preposição
pron	Pronome
V	Verbo
vclass	verbos classificadores
vloc	Verbos com locativo
vpd	Verbos com flexão para a pessoa do discurso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral.	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	ESCOPO	13
1.3	RESULTADOS ESPERADOS	13
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2	PERCURSO TEÓRICO	15
2.1	HCI-SL	15
2.2	CORE-SL	16
2.3	CORE-SL-SIGN REGISTER:	18
2.4	TRABALHOS CORRELATOS.	19
2.4.1	Projeto TLibras	19
2.4.2	Prodeaf	22
2.4.3	Vlibras	23
2.4.4	HandTalk	25
2.4.5	Um avatar para tornar o Processo Educacional com equidade	25
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.	28
3.1	A MORFOLOGIA DA LIBRAS	28
3.2	O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE SINAIS EM LIBRAS	29
3.2.1	Processo por modificação da raiz	29
3.2.2	Processo de formação por Flexão	30
3.2.3	Processos de Formação por Composição	33
3.3	PROCESSAMENTO DE LINGUA NATURAL	34
3.3.1	O Formalismo Gramatical, Gramáticas de Autômatos	35
3.3.2	Gramatica Léxico Funcional (LFG)	35
4	LEX-LIBRAS, O MODELO COMPUTACIONAL	37
4.1	DEFINIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	37
4.1.1	Regra para definição dos lexemas:	39
4.1.2	Definição dos Gramemas	39
4.1.3	Elemento expressão não manual	42
4.2	FORMALIZAÇÃO DAS REGRAS EM UMA GLC	43
4.3	AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO LFG-XLE	44
4.4	MODELAGEM DO CADASTRO DE MORFEMAS	47

5	PROVA DE CONCEITO	49
5.1	GERAÇÃO DAS UNIDADES MORFOSSINTÁTICAS A PARTIR DO GIBI DA TURMA DA MÔNICA	49
5.1.1	Verbos com flexão para gênero sinal objplano-vertical-TAMPAR	51
5.1.2	Verbos com flexão para o locativo:	52
5.1.3	Verbos com flexão para a pessoa do discurso:	54
5.1.4	Resultados e discussões	55
6	CONCLUSÃO	57
6.1	TRABALHOS FUTUROS	58
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A – FORMALIZAÇÃO DAS REGRAS	62
A.1	CLASSES EM JAVA PARA FUTURA INTEGRAÇÃO À FERRAMENTA CORE-SL SR	66
A.2	AUTORIZAÇÃO PARA USO ACADÊMICO DO PARSER XLE/LFG.	68
	APÊNDICE B – CODIFICAÇÃO EM JSON	72

1 INTRODUÇÃO

Os seres humanos usam as suas línguas para se comunicar, expressar sentimentos, guardar informações, para dar significado ao mundo em que vivem. As línguas de sinais são as línguas naturais e preferenciais das comunidades surdas. Segundo (Felipe, 2014), apesar de estarem imersos em uma cultura majoritariamente oral, os surdos têm as suas próprias comunidades, culturas e línguas. A Língua Brasileira de Sinais (Libras), é a língua oficial das comunidades surdas urbanas do Brasil. Essas línguas, sua aquisição, suas gramáticas específicas e o seu processamento computacional têm sido alvo de pesquisas que provaram tanto a sua validade linguística, como o seu papel fundamental no desenvolvimento intelectual, interacional, identitário e na construção de artefatos computacionais para as comunidades surdas.

Pesquisadores do grupo de Interação Humano-Computador (IHC), "Design de Interação para a Inclusão e o Desenvolvimento Social", da Universidade Federal do Paraná, possuem como uma de suas frentes de trabalho, a linha de pesquisa "Arquitetura de interface e interação em Libras, cuja principal abordagem é a integração de premissas, estratégias metodológicas e arquitetura adequadas computacionalmente no que diz respeito aos surdos brasileiros.¹

Assim, esta dissertação está inserida no contexto da Arquitetura HCI-SL (Garcia et al., 2013), que visa a implementação de uma estrutura computacional de suporte à construção de serviços e aplicativos que consideram as reais necessidades dos surdos (Iatskiu, 2019). Para contribuir com a Arquitetura HCI-SL (Garcia et al., 2013), emergiram uma série de trabalhos, como a dissertação e tese de Antunes (Antunes, 2011, 2015) que propôs um modelo computacional para o nível fonológico da Libras e o CORE-SL, um *framework* que dentre outras atribuições, apresenta requisitos linguísticos-computacionais para a manipulação do código linguístico em línguas de sinais. Dando continuidade à construção dessa Arquitetura, esta pesquisa tem como hipótese que é possível utilizar as unidades fonológicas descritas por (Antunes, 2015) como entradas para construção do nível morfológico da Libras.

No Brasil, diversos grupos de pesquisa possuem como foco trabalhos relacionados à tradução automática e semi-automática de línguas orais para línguas de sinais (Volpe et al., 2003) (Araújo, 2012), (Lima, 2015), (De Martino et al., 2017), dentre outros. Alguns destes estão disponíveis em versões *Desktop* ou em aplicativos. Nas revisões feitas para esta pesquisa, observou-se que estes tradutores ainda negligenciam aspectos morfossintáticos da Libras, o que por sua vez causa a geração de frases agramaticais. Segundo (Felipe, 2013) a Libras é uma língua flexionante, ou seja: existe um grupo de verbos que possuem flexão morfossintática.

Portanto, para a geração de uma sentença, ou mesmo de um determinado sinal, existe a necessidade de criação de um modelo morfológico que formalize o processo de formação dos sinais, usando regras, para posteriormente gerar as saídas por meio de um avatar.

Segundo (Othero, 2009) uma linguagem natural possui uma estrutura formal com regras, que podem gerar uma grande variação morfológica e sintática das unidades lexicais. De acordo com (Bolshakov e Gelbukh, 2004) a ambiguidade apresenta-se como um desafio a manipulação computacional do código linguístico. Para a implementação computacional é necessário uma abordagem que use descrições adequadas a cada nível da língua, no caso das línguas naturais: fonológico, morfológico, sintático, semântico e o discursivo. Portanto, para o nosso modelo em questão é necessário a junção de conhecimentos diversos, que envolvem além da Computação, conhecimento de Linguística para a descrição e estudo comparativo entre as gramáticas em contextos discursivos nas línguas a serem traduzidas.

¹<https://web.inf.ufpr.br/ihc/>

Atualmente, muitos usuários de computadores estão familiarizados com uma série de aplicações, cuja função é processar e editar textos, sistemas de busca de páginas na web, sistemas de ajuda à tradução, dentre outros. Para (Di Felippo, 2004) sistemas de Processamento de Línguas Naturais (PLN) diferenciam-se dos demais tipos de sistemas computacionais, por manipularem o código linguístico e, por isso, pressupõem um tipo de “arquivo” onde são armazenadas as unidades lexicais. No entanto, mesmo com o avanço em relação ao campo de PLN, quando se trata de línguas de modalidade gestual-visual, observa-se que as pesquisas estão ainda em estágios iniciais, quando comparadas com línguas orais-auditivas.

No Brasil, linguistas como (Ferreira Brito, 1984), (Felipe, 1986) e (Karnopp, 1994) (Quadros, 1995) iniciaram suas pesquisas com LIBRAS, estas estudos corroboram que a Libras é uma língua com características próprias, composta por todos os níveis linguísticos. A Figura 1.1 apresenta o contexto em que esta dissertação está inserida, esta pesquisa analisa algumas estruturas morfológicas de sinais e propõe um modelo, que foi previsto no COREL-SL Antunes (2015) para introduzir as regras morfológicas a partir das possibilidades de descrição fonológicas.

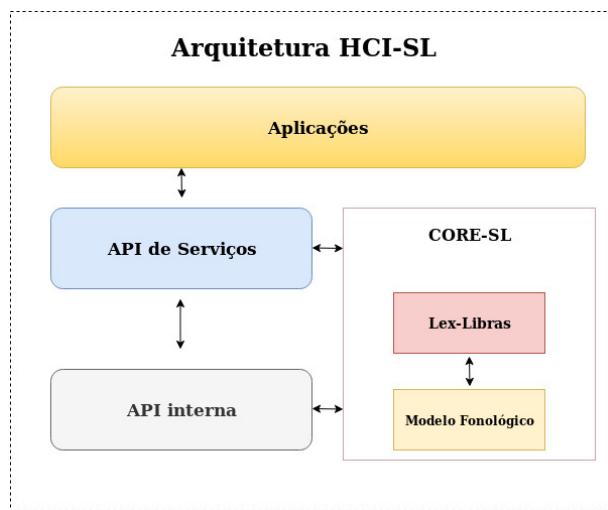


Figura 1.1: Contexto da Dissertação no HCI-SL e CORE-SL

Fonte: O Autor

Nesta dissertação, investigamos como é possível descrever as unidades morfossintáticas da Libras através dos parâmetros fonológicos para serem tratadas computacionalmente. Esta dissertação seguiu a seguinte metodologia:

- 1) Pesquisa dos trabalhos do grupo IHC-UFPR que fazem parte do contexto;
- 2) Estudo do estado da arte de trabalhos correlatos;
- 3) Estudo da Morfologia da Libras, a fim de compreender como organizam-se os itens lexicais desta língua;
- 4) Processo de modelagem computacional em formato de árvore de acordo com (Antunes, 2015);
- 5) Formalização do modelo computacional usando uma gramática livre te contexto (Antunes, 2015);
- 6) Adicionalmente, foi feito um estudo de descrição lexical, usando o formalismo LFG para a o nível morfológico da Libras;
- 7) Seleção do corpus gramatical para a avaliação das descrições realizadas e execução da prova de conceito;

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consistiu em descrever, a partir do modelo fonológico (Antunes, 2015) e em uma linguagem computacional, aspectos morfossintáticos da Libras, que tornem possível o tratamento computacional dos sinais no nível morfológico, para serem incorporadas ao CORE-SL.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivo específicos deste trabalho foram:

Adotar uma linguagem para a descrição das regras morfológicas;

Especificando por meio de uma gramática lexicalizada um conjunto de regras morfológicas para torná-las computacionalmente tratáveis e possíveis de registrar no CORE-SL.

1.2 ESCOPO

A temática dessa dissertação é de natureza intrinsecamente interdisciplinar. Dessa forma, o tratamento de todos os aspectos do problema não é trivial e nem exequível no tempo de integralização de um mestrado. Portanto, o escopo tratado se restringe à Libras, e o nível para tratamento computacional da dissertação se restringe ao Morfológico, para a continuidade posterior da relação morfo-sintático-discursiva .

1.3 RESULTADOS ESPERADOS

A principal contribuição deste trabalho é a especificação de um modelo passível de tratamento computacional para a tradução automática e semi-automática, que visa servir de entrada ao avatar inteligente ² e para o próximo nível linguístico.

O Lex-Libras visa servir de suporte para as ferramentas que operam na camada de Aplicação da HCI-SL, como Visão Computacional (reconhecimento e transcrição de sinais para estrutura morfossintática), Processamento de Línguas Naturais e de Módulos de Síntese (Avatares 3D). Dessa forma, o Lex-Libras apresenta-se como insumo para a estrutura linguística-computacional da HCI-SL e do CORE-SL.

A Figura 1.2 apresenta uma abstração de uso do Lex-Libras na HCI-SL:

1 - O usuário interage com a Arquitetura via **Camada de Aplicação** e seleciona um dado serviço, como o módulo gerador de sinais (Avatar);

2- O usuário digita determinado sinal;

3- O CORE-SL recebe a solicitação e reconhece que aquele sinal é composto por um processo de flexão;

4- O CORE-SL então encaminha a solicitação para o Lex-libras, responsável pelo módulo morfológico, este faz a consulta do sinal;

5- O Lex-Libras fornece para aplicação as descrições adequadas em formato JSON;

²Este termo foi cunhado pela Professora Tanya Felipe durante nossas reuniões de orientação e refere-se a diferença da nossa proposta em relação aos dos demais grupos de pesquisa do Brasil, pois o nosso avatar está sendo projetado para ser dotado de uma Inteligencia Artificial (IA) capaz de fazer análises fono-morfo-sintático-discursivas e que possa sinalizar uma frase traduzida com essas regras necessárias.

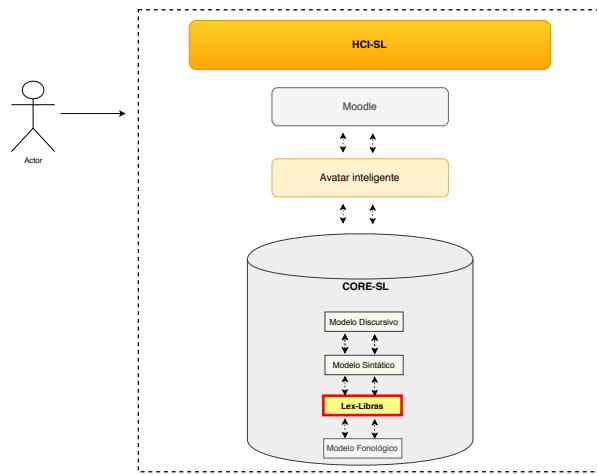


Figura 1.2: Abstração de uso do Lex-Libras na HCI-SL

Fonte: O Autor

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos, o capítulo 2 apresenta o contexto de trabalho que esta dissertação está inserida e o resultado da revisão de trabalhos correlatos de grupos de pesquisas de outras universidades. O capítulo 3 apresenta uma investigação da Morfologia da Libras e abordagens sobre gramáticas gerativas e lexicais para auxiliar no desenvolvimento da linguagem computacional. O capítulo 4 apresenta o modelo computacional proposto, o capítulo 5 apresenta a prova de conceito, e, por fim as conclusões e os trabalhos futuros

2 PERCURSO TEÓRICO

Este capítulo traz uma breve revisão de trabalhos relacionados com esta dissertação, apresentando o contexto em que esta pesquisa está inserida. A primeira parte apresenta uma revisão no âmbito das pesquisas desenvolvidas no Laboratório de IHC da UFPR, trabalhos que justificam os esforços empreitados para a execução desta Dissertação, pois trazem consigo requisitos sociais, computacionais, formais, metodológicos, linguísticos e conceituais que são necessários para a construção e fundamentação do Lex-Libras. A segunda parte apresenta trabalhos de grupos de pesquisa brasileiros que propõem a resolução de problemas para o Processamento de Línguas de Sinais.

2.1 HCI-SL

A HCI-SL (Garcia et al., 2013) tem como objetivo proporcionar o desenvolvimento de um ambiente integrado, com hipóteses, estratégias metodológicas e serviços que sejam capazes de resolver de maneira correta tanto do ponto de vista linguístico como computacional, o problema do tratamento computacional das línguas de sinais e, consequentemente, auxiliar na eliminação da barreira social de acesso a informação e ao conhecimento sofrida pelos surdos. As regras apresentadas no Lex-Libras integrará o *Framework CORE-SL*, que é responsável por armazenar um banco de dados com os formalismos gramaticais linguísticos. A Figura 2.1 apresenta o modelo proposto pela Arquitetura.

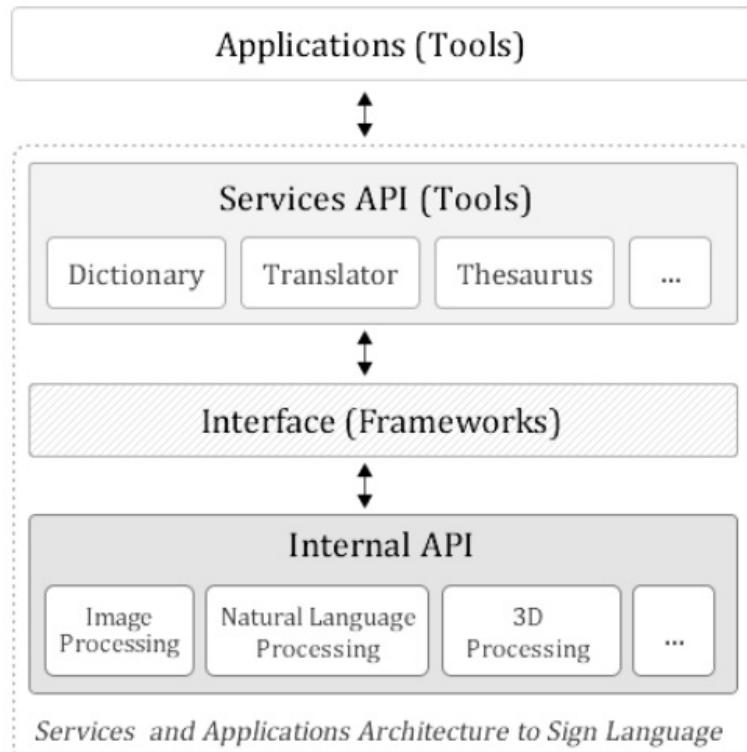


Figura 2.1: Abstração da Arquitetura HCI-SL

Fonte: Garcia et al. (2013)

2.2 CORE-SL

Para o projeto do CORE-SL (Antunes, 2015) observou que a falta de uma estrutura formal que representasse computacionalmente os sinais era, até então, um dos principais desafios que permeava todas as camadas da Arquitetura HCI-SL (Garcia et al., 2013). Segundo (Antunes, 2015) a arquitetura deveria ser capaz de fornecer suporte para a resolução de algumas questões. Dentre elas: o armazenamento, indexação, recuperação, reconhecimento, reprodução, síntese, entre outras propriedades capazes de facilitar a resolução dos demais problemas computacionais associados à arquitetura.

Além das questões computacionais de infraestrutura e manipulação de dados relatadas acima, o CORE-SL foi desenvolvido para dar conta de aspectos e requisitos linguísticos-computacionais, visando a implementação computacional dos níveis de uma língua, começando pelo fonológico e se expandindo até o nível sintático. Apesar disso, como apresentado na Figura 2.2, é possível constatar que não foi previsto o componente discursivo para se estabelecer também a relação semântico-discursivo-pragmática com relação aos níveis propostos, o que implicará a revisão futura para se pensar no modelo de PLN mais adequado que englobe essa dimensão. No entanto, a partir do detalhamento dos elementos que compõem o nível fonológico, é possível estabelecer a ligação entre um elemento fonológico ou da combinação deles para formar o nível morfológico, a fim de elaborar as regras de composição morfológicas dos sinais (lexemas e gramemas), especificando, posteriormente, as regras morfossintáticas para a constituição das frases e dos componentes discursivos para a constituição dos enunciados.

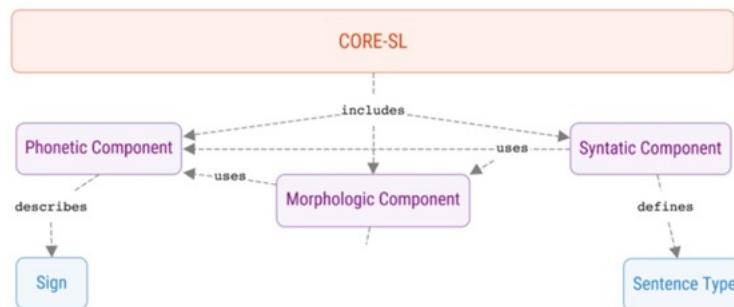


Figura 2.2: CORE-SL para os demais Níveis da Língua

Fonte: Antunes (2015)

O CORE-SL apresentou um modelo composto por seis componentes: contextual, conceitual, formal, físico, externo e de aplicação, onde cada um deles é correspondente a um nível de abstração responsável por descrever os conceitos, os métodos, as propriedades formais e os recursos necessários para a representação do sinal por um modelo computacional que considere os requisitos funcionais e de qualidade necessários para a implementação computacional.

O Lex-Libras, proposto nessa dissertação, apresenta uma proposta de um sistema de transcrição computacional que atua nos componentes conceitual e formal do CORE-SL. Assim, foram trabalhados os componentes: **Conceitual**, com a descrição de toda a base conceitual do modelo, responsável por definir, em uma árvore conceitual, a relação dos elementos e seus valores capazes de representar computacionalmente um sinal e o componente **Formal**, que com base no nível conceitual, descreve o processo para a criação das regras formais em uma meta-linguagem, bem como analisar e apresentar como essas regras devem ser construídas.

O processo de modelagem e extração de informação para a construção das regras foi feito de acordo com as pesquisas de (Felipe, 1998a), (Felipe, 1998b), (Felipe, 2002) e (Felipe,

2006), isto ocorreu pois nesta dissertação, apesar da abrangência da HCI-SL a língua de sinais trabalhada é a LIBRAS.

O modelo computacional proposto por (Antunes, 2015) traz a descrição dos aspectos fonológicos dos sinais. E, para a sua implementação computacional, o autor definiu um modelo baseado em atributos e valores, neste sentido foi definido que um determinado <sinal> é composto de três elementos: <suspensão>, <expressão-não-manual>, <movimento> e <sinal-composto>. A Figura 2.3 apresenta raiz do modelo em árvore proposto.

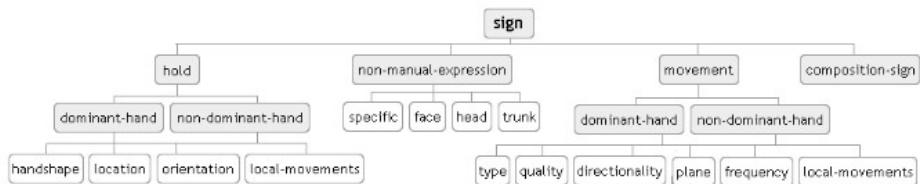


Figura 2.3: Visão geral do modelo fonológico

Fonte: Antunes (2015)

Baseado nesse modelo em árvore o autor fez uma descrição em uma GLC e por fim gerou as regras em XML, o modelo se mostrou bastante satisfatório para descrever os parâmetros fonológicos da língua, mas para que dê conta de representar o nível Morfológico há a necessidade de descrever as unidades morfossintáticas para fornecer as entradas adequadas para o próximo nível da língua, o sintático.

Essa adequação se faz necessária em virtude de um grupo de verbos, que apresentam o fenômeno da flexão (Felipe, 2006) e serão descritos no capítulo 3, assim o que era descrito no modelo de (Antunes, 2015), apenas como um "sinal", para o nível morfológico precisa ser "re-significado" como um item lexical, que por sua vez pode ser subdividido em lexema¹ e gramema e após isso definir quais parâmetros formam cada unidade morfológica.

Baseado no CORE-SL (Antunes, 2015), foi feita uma complementação para a inclusão do Lex-Libras ao modelo. A Figura 2.4 apresenta uma visão macro do funcionamento do Lex-Libras, na qual é possível perceber que para a descrição do nível morfológico, o Lex-Libras utiliza-se do modelo fonológico para então descrever a sua unidade raiz, que é o *morfema*.

Para esta pesquisa, um morfema pode ser descrito de duas formas: *Inflex* e *Flex*. *Inflex* são os sinais que não sofrem flexão, os quais (Antunes, 2015) definiu e chamou de Sinal. Para estes o Lex-Libras terá a funcionalidade de um etiquetador, atribuindo apenas a categoria morfológica, categoria sintática e semântica, quando houver. *Flex*, por sua vez são os sinais que possuem flexão (Felipe, 2006), para a formação destes é necessária a união de um lexema a um gramema.

¹os termos lexema e gramema referem-se respectivamente a parte fixa (raiz ou radical) e parte grammatical (desinências) em um processo de formação de palavra. Ao conjugar no Português o verbo vender /vend/ é o lexema e as flexões pessoais /o/, /es/, /e/, /emos/, /eis/ e /em/

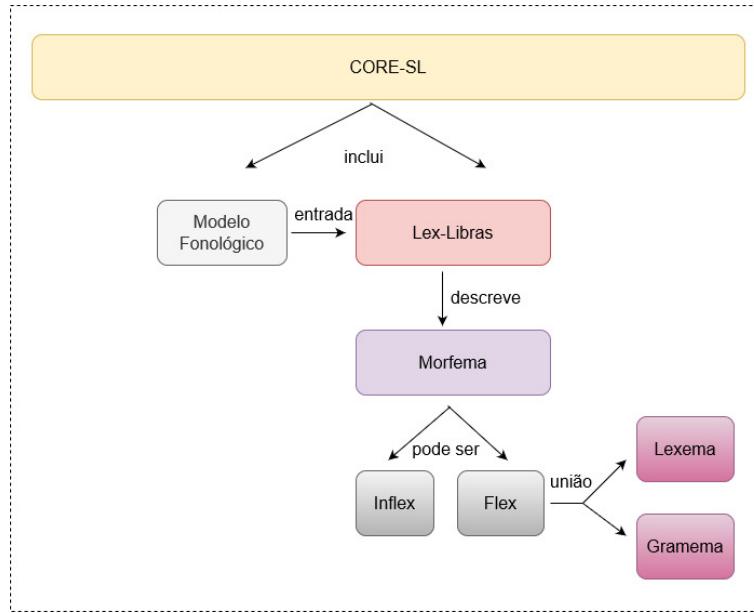


Figura 2.4: Visão macro do Lex-Libras no CORE-SL
Fonte: O autor

2.3 CORE-SL-SIGN REGISTER:

Segundo (Herbig, 2018), a ferramenta computacional utilizou como entrada o sistema fonológico do CORE-SL (Antunes, 2015) a fim de viabilizar a prova de conceito da parte até então disponível para o CORE-SL. Também fez parte da ferramenta um protótipo do avatar inteligente para interpretar e gerar o sinal inserido por meio da ferramenta. Assim, os cinco parâmetros fonológicos serviram de entrada tanto para a ferramenta quanto para o avatar inteligente.

Tal qual o modelo fonológico, o Lex-Libras foi construído com intuito de servir de entrada para este avatar, pois descreve os sinais em uma percepção morfossintática, ou seja: por meio das regras definidas será possível a geração dos sinais que possuem flexão e que são percebidos por morfemas, que por conseguinte são formados por lexemas e gramemas (Felipe, 2006). A Figura 2.5 apresenta o avatar em questão.



Figura 2.5: Avatar proposto pelo grupo IHC-UFPR

Fonte: (Herbig, 2018)

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

2.4.1 Projeto TLibras

Foi um dos pioneiros no Brasil na área de tradução de língua de sinais. Segundo (Felipe, 2003) o projeto foi executado pela FENEIS, contou com 3 equipes: a da FENEIS, sob coordenação da Prof. Dra. Tanya Felipe, responsável pela coleta de dados, transcrições e elaboração das regras gramaticais da Libras, a equipe do NILC-USPCar, coordenado pela Prof. Dra. Graça Volpe, responsável pela elaboração computacional do processo para a tradução automática Português-Libras e a equipe da Acessibilidade Brasil.²

A professora Tanya Felipe trabalhou com a equipe que geraria a coleta de dados para a decodificação fonológica dos sinais. Este trabalho, embora não concluído, foi inovador por fazer a coleta de sinais a partir dos parâmetros fonológicos da Libras. Foi também criado um protótipo para a sinalização computadorizada de cada sinal por um avatar, a Figura 2.6, apresenta a proposta do grupo.

²Disponível em: <http://ftp.lna.br/users/mabans/misc/onis/boltec293d.htm>

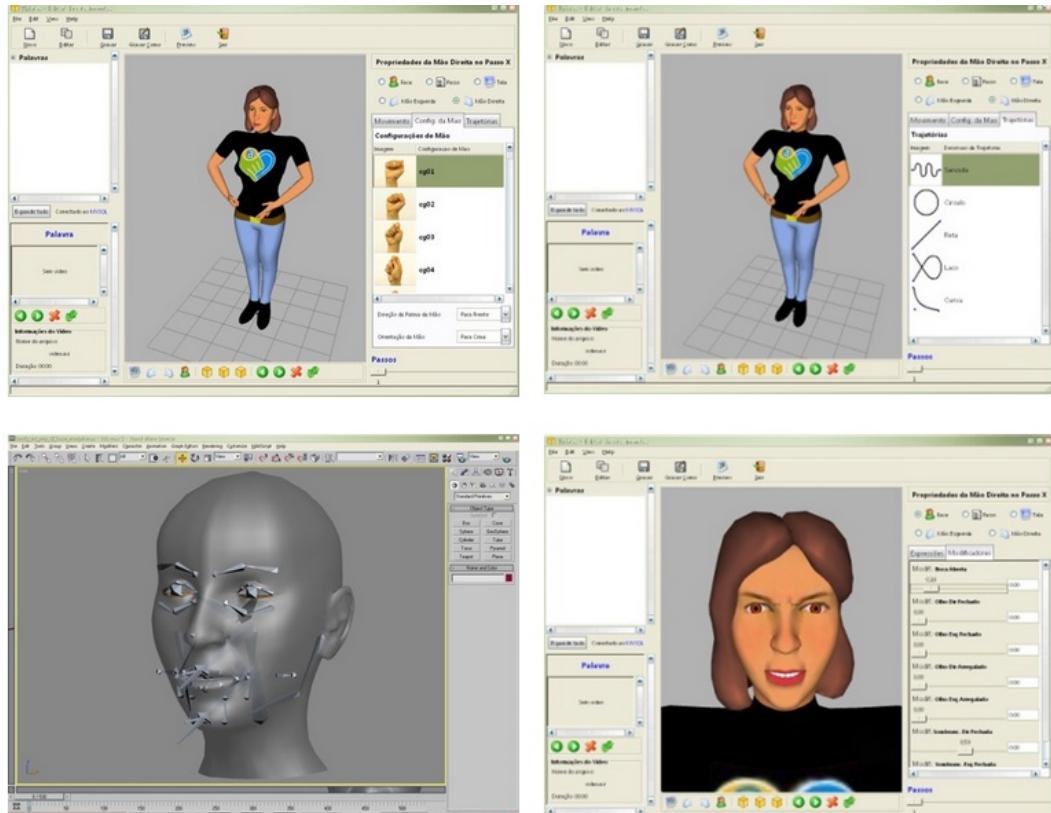


Figura 2.6: Proposta de avatar feita pelo Grupo

Fonte: Felipe (2014)

Assim, o grupo NILC-USPCar apresentou o PUL0– *PortugueseUNL-LIST deOralizer*, que foi um versão experimental de um sistema de tradução automática unidirecional de uma língua oral-auditiva, o português, para a representação linear (*Libras Script for Translation – LIST*) de uma língua gestual-visual, a Língua Brasileira de Sinais (Volpe et al., 2003).

Segundo (Volpe et al., 2003), objetivo do PUL0 era converter uma sentença originalmente produzida em Língua Portuguesa para uma transcrição especializada de Libras que fosse compromisso entre (1) simplificação do processo de tradução e (2) suficiência para a síntese de sinais em libras. O PULO seria uma tecnologia de sistemas de tradução automática auxiliada por humanos, na medida em que exige, no processo de tradução, alguma interação com o usuário humano proficiente em língua portuguesa. Para a implementação do sistema, os autores propuseram uma transcrição (linear) de Libras (1) afeita ao tratamento computacional, (2) concebida especialmente para fins de tradução (semi)automática intermodal³ e (3) que fosse um compromisso entre simplificação do processo de tradução e do desenvolvimento do tradutor e suficiência para a síntese de sinais na língua brasileira de sinais.

Para a formalização, pesquisadores adotaram a UNL *Universal Network Language* (Linguagem Universal em Rede)⁴, entre os vários formalismos disponíveis, segundo eles tendo em vista: a) a experiência anterior do grupo com este modelo de formalização; b) o seu caráter efetivamente plurilingüístico.

A Figura 2.7 mostra como uma das ferramentas do PUL0 trata a entrada "Vamos combater a dengue" e apresenta como resultado uma saída que utiliza um sistema de transcrição, que foi uma adaptação do sistema de transcrição em glossas (Felipe, 1998a) para uma codificação possível

³A tradução intermodal, ocorre quando as modalidades de língua alvo e destino são diferentes, neste caso de uma língua oral-auditiva para uma gestual-visual

⁴<http://www.unl.org>

de tratamento computacional. O PULO não chegou a desenvolver o avatar, acredita-se que por conta da descontinuação do projeto e também pelas restrições relativas ao desenvolvimento, no entanto apresentou uma descrição gramatical morfossintático-semântica.

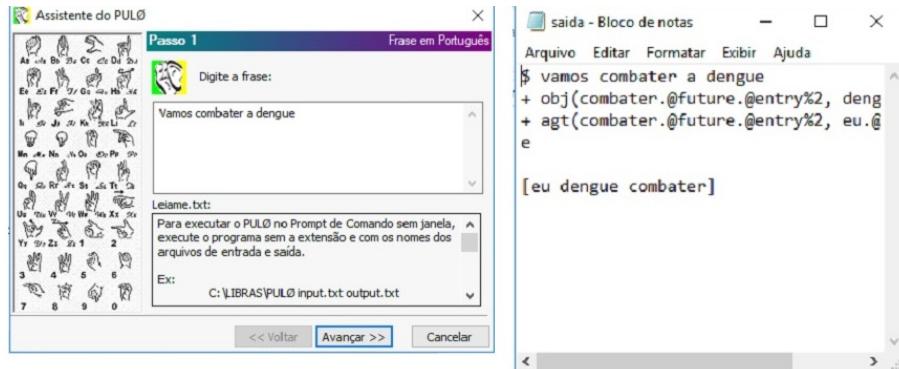


Figura 2.7: Exemplo de Tradução Pulo

Fonte: Martins et al. (2005)

A Figura 2.8 apresenta a gramática gerada pela linguagem UNL, para o corpus gramatical da Turma da Mônica, que também foi usado nesta pesquisa. Esta gramática apresenta a descrição morfossintática-semântica.

Original	UNL	LIST
Vamos combater a dengue!	obj(fight(icl>do).@exclamation.@entry.@imperative, dengue(icl>disease).@def) agt(fight(icl>do).@exclamation.@entry.@imperative, we)	[DENGUE vamos vencer{pobj:3s psuj:1p}]{excl imp}
O mosquito da DENGUE nasce e se desenvolve em água parada.	mod(mosquito(icl>insect).@def, dengue(icl>disease).@def) and(develop(icl>occur), be born(icl>occur).@entry) mod(water(icl>matter), stagnant(mod<thing)) plc(be born(icl>occur).@entry,water(icl>matter)) obj(be born(icl>occur).@entry,mosquito(icl>insect).@def)	[água largado DENGUE mosquito surgir desenvolver]
Por isso, temos que manter a caixa d'água fechada.	obj(keep(icl>be).@exclamation.@entry.@need, water tank(icl>container).@def) aoj(closed(mod<thing), water tank(icl>container).@def) aoj(keep(icl>be).@exclamation.@entry.@need, we) man(keep(icl>be).@exclamation.@entry.@need, thus(icl>how))	[por-isso caixa água precisar fechar-com-tampa{gentampaobj: coisa-achatada}]{excl}
Tomar cuidado com vasos...	obj(take(icl>do).@entry, care) obj(with(icl>how), flower pot(icl>container).@pl) man(take(icl>do).@entry, with(icl>how))	[cuidado{excl} vaso flor]
...garrafas, latas...	and(can(icl>container).@pl, bottle(icl>container).@entry.@pl)	[garrafa ferro{gen:coisa-redonda}]
...pneus velhos!	mod(tire(pof>automobile).@exclamation.@entry.@pl, old(mod<thing))	[pneu velho]{excl}
Tudo que acumule água!	obj(gather(icl>do), water(icl>matter)) agt(gather(icl>do), that) mod(all.@exclamation.@entry, that)	[tudo água dentro]{excl}

Figura 2.8: Gramática gerada pelo Pulo

Fonte: Martins et al. (2005)

A estratégia se baseou mais fortemente na criação de um vocabulário para o sistema de tradução, para tornar isso possível, usou o sistema de glossas de (Felipe, 1998a), com algumas modificações.

O formalismo UNL, apesar de sua robustez não atende aos requisitos contextuais da HCI-SL (Garcia et al., 2013) e do CORE-SL (Antunes, 2015) pois, segundo (Volpe et al., 2003) o formalismo não dá conta de descrever aspectos pragmáticos da língua, visto que objetiva apenas fornecer a comunicação "básica" entre indivíduos de línguas nativas diferentes e não

uma comunicação natural abrangente que faz parte de nativos de mesma língua. A HCI-SL (Garcia et al., 2013) preconiza oferecer interação satisfatória em Língua de Sinais, e possibilitar o desenvolvimento de aplicações e serviços mais adequados às necessidades do usuário final, permitindo que o surdo interaja por meio de sua língua nativa, dessa forma esse formalismo não atende aos requisitos linguísticos-computacionais desta pesquisa.

Para que seja possível esta interação há a necessidade de descrições adequadas em cada nível gramatical da língua, e as análises apenas de cunho morfológica ou sintática não dariam conta da constituição dos enunciados. Os próprios classificadores (ver capítulo 3), apesar de nesta pesquisa serem descritos a nível morfológico, como uma concordância que marca gênero (Felipe, 1998a,b, 2002, 2006), também realizam-se como elementos anafóricos, que fazem referência a um enunciado anterior, que se baseia na perspectiva do falante em relação ao contexto. Portanto, o nível pragmático da língua deve ser também considerado.

2.4.2 Prodeaf

Desenvolvido desde 2011 pelos cientistas de computação João Paulo Oliveira e Lucas Araújo Mello, da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), o Prodeaf⁵ reconhece a voz do ouvinte, traduz a fala e mostra ao surdo o que foi dito por meio da animação de um avatar 3D. É uma proposta de tradução de texto e voz na Língua Portuguesa para a Libras. A tradução é possível graças a duas ferramentas: um aplicativo móvel e um plugin para sites.

Esse tradutor também traz 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. No site há informações sobre as versões de aplicativo para Android e IOS.

A Figura 2.9 apresenta a geração da sentença "Eu pergunto para ele", e o aplicativo traz como resultado uma frase considerada agramatical pela comunidade surda, verbos como "perguntar" pertencem a um grupo de verbos chamados de verbos com flexão para a pessoa do discurso, que possuem concordância número-pessoal. O avatar gera três sinais, ao invés de apenas um. Segundo (Felipe, 2006), a sinalização do avatar está incorreta porque foram 3 sinais separados: EU, PERGUNTAR EL@. A sinalização correta, segundo (Felipe, 2006) deveria ser realizada com as concordâncias (pessoa do sujeito e objeto respectivas concatenadas ao verbo). Assim, o aplicativo apresenta uma negligência com relação a aspectos morfossintáticos da Libras. Isso pode acontecer pelo fato deste não ser provido de regras gramaticais que descrevam o processo de flexão verbal para a pessoa do discurso, resultando na geração de sentenças agramaticais.

⁵<http://prodeaf.net/>. A HandTalk comprou a Prodeaf

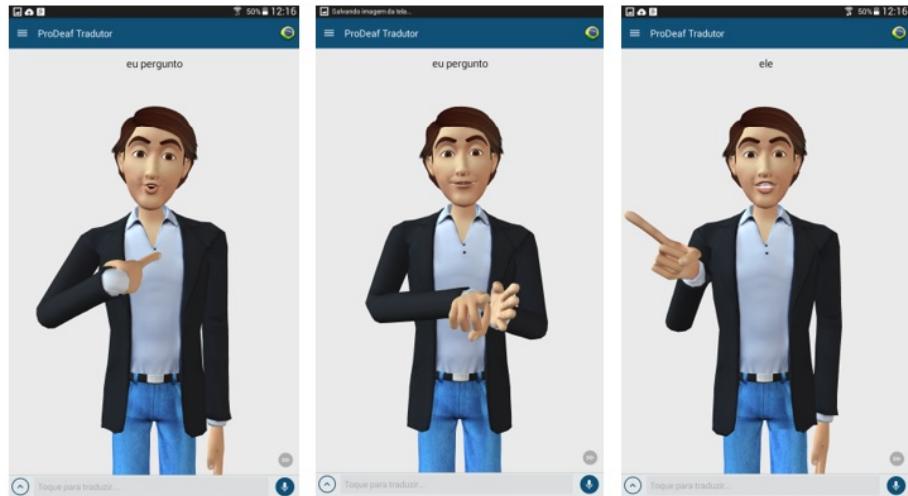


Figura 2.9: Geração de Sentença com o ProDeaf
Fonte: aplicativo ProDeaf

2.4.3 Vlibras

O Vlibras,⁶ inicialmente proposto por (Araújo, 2012), é um conjunto de ferramentas computacionais de código aberto, que tem por finalidade traduzir conteúdos digitais (texto, áudio e vídeo) LIBRAS, tornando computadores, dispositivos móveis e plataformas Web acessíveis para pessoas surdas.⁷ O VLibras foi desenvolvido por Araújo et al. (2014) no Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital – LAVID da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Segundo (Araújo, 2012), a princípio o serviço apresentava deficiências de adequação sintático e semântica.

Dentre o conjunto de ferramentas, (Lima, 2015) apresentou uma proposta de solução para adequação sintático-semântica envolvendo um componente de tradução automática para Libras, que traz uma linguagem formal de descrição de regras de tradução sintático-semântica e uma gramática, para serem incorporados ao Vlibras. A gramática proposta permite que seja feito um reordenamento de sentenças atingindo o nível sintático e reescrita de palavras. Lima justifica que poderá melhorar a correta compreensão de significado.

A autora procura mapear parâmetros a morfemas para serem usados durante o processo de tradução de Português para Libras utilizando para isso representações em XML. Apesar da robustez do trabalho, acredita-se que com uma descrição mais adequada para as regras de tradução, ou seja, se estas contivessem a descrição dos processos de flexão da Libras, tornaria os sinais mais próximos à realidade dos falantes.

A pesquisa de (Lima, 2015) foi desenhada para gerar as sentenças em Libras a partir da frase em Português do Brasil. A Figura 2.10 apresenta 7 regras morfológicas. A regra número dois, para a geração de masculino e feminino na Libras não é genérica e não se utilizam essas formas em Libras: PRESIDENTE MULHER X HOMEM; ARTISTA HOMEM X MULHER. As regras cinco, seis e sete apresentam tratamento para o presente, passado e futuro. No entanto, o tempo verbal não ocorre no nível morfológico da língua, como no Português e sim no plano sintático.

⁶A Professora Dra Tanya Felipe, também trabalhou como consultora para este projeto, uma de suas atribuições era verificar se os aspectos fono-morfo-sintático-discursivos das frases geradas pelo avatar estavam de acordo com a gramática da Libras. Os primeiros resultados foram apresentados em 2016, no lançamento do Vlibras em Brasília

⁷<http://www.vlibras.gov.br/>,

Mód.	Descrição	Regra	Exemplos –Português x Glosa LIBRAS	
Adequação Morfológica	(1) Eliminar proposição	PP ($P_x DP$) → PP (DP) {em, de, por, para} PP ($P_x AdvP$) → SP (AdvP)	PB: de menino LIBRAS: menino PB: por aqui LIBRAS: aqui	
	(2) Tratar substantivo comum de dois gêneros	DP (DA(f) SNC) → SN <mulher> DP (DA(m) SNC) → SN <homem>	PB: a presidente LIBRAS: presidente mulher PB: o artista LIBRAS: artista homem	
	(3) Eliminar artigo	DP ($D_A NP$) → NP DP ($D_A PossP$) → PossP DP ($D_A NumP$) → NumP	PB: a mulher LIBRAS: mulher PB: os meus filhos LIBRAS: meus filhos PB: os dois porcos LIBRAS: dois porcos	
	(4) Tratar verbo com advérbio de tempo	VP (VB-*SAdv _(i) P) → VP (VB SAdv _(i) P) VP (SAdv _(i) VB-*) → VP (Adv _(i) P VB) (* P, R, D (presente, futuro e passado))	PB: Ontem trabalhei LIBRAS: Ontem trabalhar PB: Vi ontem LIBRAS: Ver ontem	
	(5) Tratar verbo no presente	VP (VB-P DP) → VP (VB DP) VP (VB-P PP) → VP (VB PP) VP (VB-P AP) → VP (VB AP)	PB: Bebo água LIBRAS: Beber água	
	(6) Tratar verbo no futuro	VP (VB-R DP) → VP (VB DP <futuro>) VP (VB-R PP) → VP (VB PP <futuro>) VP (VB-R AP) → VP (VB AP <futuro>)	PB: Estudarei LIBRAS LIBRAS: Estudar LIBRAS futuro	
	(7) Tratar verbo no passado	VP (VB-D DP) → VP (VB DP <passado>) VP (VB-D PP) → VP (VB PP <passado>) VP (VB-D AP) → VP (VB AP <passado>)	PB: Aprendem português LIBRAS: Aprenderam português passado	

Figura 2.10: Estrutura de Tradução na Linguagem Intermediária

Fonte: Lima (2015)

A frase usada para testar o aplicativo foi "**"Eu telefono para você"**". Como é possível observar na Figura 2.11 a sentença gerada é agramatical. De acordo com (Felipe, 2006) verbos como "TELEFONAR" possuem a flexão para a pessoa do discurso. Estes usam o parâmetro direcionalidade como marcadores das pessoas do discurso, que seriam o sujeito e o objeto da sentença, no plano sintático. Além disso, o parâmetro "localização" também é usado para definir o ponto de início e fim do movimento de deslocamento. Nossa pressuposto é que a falta de regras morfológicas que tratam esse fenômeno acarretam esse tipo de erro, ou seja, má formação de sentenças. É possível observar também que o avatar articula três itens lexicais como saída. No entanto o correto seria apenas um, já que os pontos inicial e final do deslocamento alteram a raiz verbal "TELEFONAR", acarretando apenas um sinal, que deriva da concatenação de um lexema de verbos com flexão para a pessoa do discurso, juntamente com um gramema, que é representado pelo parâmetro direcionalidade.

Figura 2.11: geração de sentença
<http://www.vlibras.gov.br/>

2.4.4 HandTalk

O HandTalk foi criado a partir de um projeto chamado Falibras, de um grupo de pesquisa formado por estudantes e professores da Universidade Federal do Alagoas,⁸ foi proposto um sistema computacional que converte textos e áudio em Libras. O aplicativo Hand Talk foi fruto de uma parceria da UFAL com a empresa que desenvolveu a versão comercial do software. O HandTalk 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 Libras⁹.

Como é possível observar na Figura 2.12, utilizando como entrada a sentença "Eu ligo para ele", a saída gerada pelo aplicativo é considerada agramatical pelos falantes da Libras, porque apresenta como resposta 4 itens lexicais: o avatar sinaliza "VOCÊ" e "HOMEM", como objeto direto. Foram capturadas os quatro sinais que o app gera, no entanto o correto seria apenas um, já que os verbos direcionais, que serão discutidos no próximo Capítulo concatenam à raiz, o sujeito e o objeto da oração. Isso pode ocorrer por falta de tratamento mais adequado a nível morfossintático na construção do software.



Figura 2.12: Exemplo frase gerada pelo HandTalk

Fonte: App HandTalk

2.4.5 Um avatar para tornar o Processo Educacional com equidade

(De Martino et al., 2017) elaboraram um sistema de tradução automática de escrita de Português do Brasil para Libras, em vias gerais o sistema recebe como entrada um texto em Português do BR que será sinalizado pelo avatar, o sistema é baseado em regras e conhecimento obtido pelo que os autores chamam de “memórias de tradução”.

Conta ainda com um módulo tradutor que analisa as entradas e então as converte em uma representação intermediária, chamada de “Linguagem Intermediária”, a qual serve de entrada para o módulo de animação, responsável por fazer o mapeamento para a Língua de Sinais. Os sinais são armazenados através de uma descrição parametrizada, incluindo os cinco parâmetros básicos da Libras e durante sua sinalização podem ser modificados de acordo com as flexões

⁸<https://ufal.br/ufal/noticias/2013/02/tecnologia-da-ufal-e-usada-em-aplicativo-de-inclusao-para-surdos>

⁹Para esta pesquisa foi feito o download da versão para smartphone da Apple, que oferecem uma versão livre, que contém propagandas, caso seja de interesse pode-se adquirir uma versão paga livre de propagandas. O software passou por diversas fases, atualmente parece ter um cunho mais comercial.

constantes na linguagem intermediária em glossas. A Figura 2.13 apresenta a saída gerada pelo sistema de transcrição.

```

<translation> ::= <type>, <sentence>
<type> ::= "affirmation" |
"question" | "exclamation"
<sentence> ::= <word>, <sentence> | <word>
<word> ::= <nonverb_inflection> <non_verb> | <verb_inflection> <verb>
<nonverb_inflection> ::= "" | <number_inf> | <grade_inf> | <grade_inf>
<number_inf>
<number_inf> ::= "" | "plural"
<grade_inf> ::= "" | "augmentative" | "diminutive"
<non_verb> ::= <gloss>
<verb_inflection> ::= "" | <inf_spacial> | <inf_aspect> |
<inf_spacial> <inf_aspect>
<inf_spacial> ::= <direction> | <movement> | <position> | ...
<inf_aspect> ::= "fast" | "slow" | "fixed" | "intense" | ...
<verb> ::= <time> <gloss>
<time> ::= "past" | "present" | "future"
<gloss> ::= unique name of the sign or classifier

```

Figura 2.13: Estrutura de Tradução na Linguagem Intermediária
Fonte: (De Martino et al., 2017, p.801)

De posse dessa saída o avatar 3d é guiado pela descrição do sinal e um algoritmo é responsável pela geração dos sinais e se encarrega de ajustar as concatenações e a sequencia. A linguagem intermediária representa os sinais em formato de escrita, que de acordo com os autores, traz consigo informações a respeito das palavras como por exemplo flexões.

Os autores enfatizam que essa escrita tem a capacidade de prover um forte mapeamento dos sinais e ainda prover a definição de comandos que serão interpretados no módulo de animação que é responsável por controlar os movimentos do avatar. A estrutura também apresenta marcadores para modificadores de sentença, que são características dos movimentos como: “fixo, rápido, intenso e lento” e isto pode interferir na velocidade do sinal e nas expressões faciais.

Todavia, os autores (De Martino et al., 2017) apesar de mostrarem uma proposta robusta para a finalidade específica que foi criada, não estabelecem como representar computacionalmente as flexões verbais da Libras. Verbos que tenham flexão para o locativo, concordância de gênero ou ainda concordância para a pessoa do discurso, podem ter saídas agramaticais, a flexão verbal ocorre no nível morfológico da Língua e os cinco parâmetros da Libras, podem em um dado momento representar morfemas (Felipe, 2006).

Como será relatado no capítulo 3, a configuração de mão que representa um classificador, pode ter a função de gramema¹⁰ para os verbos com flexão de gênero, seria adequado que o sistema de transcrição pudesse refletir e representar os sinais como lexemas e gramemas, isolando-se a parte fixa da parte variável. Essas “fórmulas” são bem usadas para a representação computacional do nível morfológico na Língua Portuguesa (e.g para representar o verbo “cantar”, isola-se a parte fixa “cant” das desinências “o”, “as”, “a”, “amos”, “ais”, “am”) e, para fazer o processamento, basta concatenar o lexema com os gramemas.

Os trabalhos correlatos mostrados anteriormente, utilizaram-se de recursos que também podem usados nessa pesquisa, como descrições em GLC e codificação de saídas apresentadas em JSON ou XML.

¹⁰Os gramemas são as desinências verbais, no caso do Português, ao conjugar o verbo andar no presente do indicativo, o lexema seria “and”(parte fixa) e os gramemas [o,as,a,amos,ais,am], seriam as desinências pessoais, ou seja, através delas é possível identificar as pessoas do discurso

No entanto, é importante perceber que a falta de descrições morfológicas adequadas pode ter sido a causa dessas soluções ainda apresentarem os problemas que foram relatados. Um ponto a ser abordado é que as descrições linguísticas adequadas devem ser refletidas no processo de codificação. Por isso que (Alencar e Othero, 2012) alertam que é importante definir o que é uma palavra possível em uma língua, afirmando também que para definir essa palavra, é necessário a formalização através de fórmulas que geram as palavras.

(Felipe, 2006) descreve como este modelo de fórmulas é realizado na Libras, onde cada um dos cinco parâmetros são responsáveis por constituir o nível morfológico da Libras, podem ser percebidos como lexemas e gramemas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma revisão sobre o estudo da Morfologia da Libras, os processos de formação de sinais, também caracteriza os classificadores, enquanto morfema (preso ou dependentes), como marcadores morfo-sintático-discursivos e descreve o fenômeno da flexão verbal. Apresenta ainda um breve estudo adicional sobre a gramática LFG e gramáticas gerativas e de autômatos, que são ferramentas do PLN e da Linguística Computacional usadas para descrição linguística formal e que serve de insumo ao desenvolvimento de linguagens computacionais.

A compreensão destes conceitos são fundamentais para a formalização do nível morfosintático da Libras. Nesta pesquisa o significado dado ao termo "gramática" é o de um conjunto de regras internalizadas que todo falante de toda e qualquer língua possui, que o capacita a gerar infinitas palavras, sentenças e textos.

3.1 A MORFOLOGIA DA LIBRAS

Segundo (Bloomfield, 1933) a unidade mínima de significação da Morfologia é o morfema, que vem do grego *morphé*. As línguas de sinais, como toda língua, têm um léxico e um sistema de criação de novos sinais em que as unidades mínimas com significado (morfemas) são combinadas entre si dando origem a novos sinais, como é possível observar em (Felipe, 2006, p. 201) "*Nos estudos sobre os processos de formação de palavras (composição, aglutinação, justaposição e derivação), as línguas são sempre apresentadas em relação aos seus morfemas lexicais (raízes/radicais) que se prendem a morfemas gramaticais formantes (desinências e vogais temáticas) e/ou a derivacionais (afixos e clíticos).*"

Dessa forma, os morfemas podem ser percebidos como lexemas, que é a parte do sinal ligada ao léxico ou gramemas, a parte gramatical, que pode representar as desinências e demais componentes gramaticais invariáveis. Para a descrição do nível morfossintático da Libras deve-se determinar como os fonemas se agrupam para formar um gramema ou um lexema, para assim fazer esse registro em forma de regra e então codificar em uma linguagem passível de ser tratada computacionalmente.

Tradicionalmente, os estudos da morfologia descreviam apenas as línguas orais. A partir dos estudos linguísticos sobre as línguas de sinais, essas descrições começaram a ser realizadas e comparadas também às duas modalidades de línguas: orais-auditivas x gestuais-visuais. As línguas de sinais possuem todas as características inerentes às línguas naturais como: os níveis linguísticos, as classes de palavras, a formação de sentenças, o discurso dentre outras.

Para as línguas orais, palavras complexas são muitas vezes formadas pela adição de prefixos, infixos ou sufixos a uma raiz. Nas línguas de sinais, essas formas resultam frequentemente de processos simultâneos ou sequenciais em que uma raiz pode ser modificada ou acrescida por morfemas, formados pelos parâmetros da língua, ou seja: configurações de mão, orientação da palma da(s) mão(s), movimento, ponto de articulação e expressões não-manais.

Nas línguas de sinais, o sinal corresponde ao que conhecemos como palavra nas línguas orais-auditivas. Segundo (Felipe, 1998a) e (I. Meir, 2007) há grande semelhança entre as estruturas morfológicas das línguas de sinais. As autoras afirmam que existe um determinado número de verbos que possuem concordância verbal para a pessoa e número do sujeito e do objeto. Outro aspecto a ser destacado é a existência de algumas configurações de mãos que, no nível morfológico estabelecem marcas de concordância de gênero.

Segundo (Felipe, 2002), embora (HJELMSLEV, 1956) não tenha cunhado explicitamente o termo “classificador”¹ estes morfemas têm a capacidade de representarem morfo-sintáticamente semanticamente características das coisas e eventos em certos contextos. Apesar de esta pesquisa focar no nível morfossintático da Libras, é importante frisar outros aspectos dos classificadores², como qual sua significação-função em um dado contexto, além disso em (Felipe, 2007) ela apresenta também um outro estudo sobre classificadores como elemento anafórico.

Para (Felipe, 2002) essas configurações de mão podem ser percebidas como classificadores, que por conseguinte marcam a concordância de gênero: animado (pessoal ou animal) e inanimado (objeto ou veículo). Esta marcação é feita por um sistema de morfemas obrigatórios, ou seja, um sistema de gramemas formantes presos ou dependentes. Assim, morfológicamente, os classificadores vêm acompanhando um verbo para classificar o sujeito ou o objeto que está ligado ao verbo, fazendo assim a marcação da concordância de gênero.

3.2 O PROCESSO DE FORMAÇÃO DE SINAIS EM LIBRAS

Em (Felipe, 1998a), (Felipe, 1998b) e (Felipe, 2006), a autora faz investigações sobre a Morfologia e o processo de formação de sinais em Libras, e destaca, que os cinco parâmetros em alguns casos podem funcionar como morfemas, isto fica claro quando afirma que:

"Estes cinco parâmetros da Libras podem expressar morfemas através de algumas configurações de mão, de alguns movimentos direcionados, de algumas alterações na frequência do movimento, e alguns pontos de articulação na estrutura morfológica e alguma expressão facial ou movimento de cabeça concomitante ao sinal, que, através de alterações em suas combinações, formam os itens lexicais da Língua Brasileira de Sinais."

(Felipe, 2006, p. 201).

De acordo com (Felipe, 2006), o processo de formação de sinais pode ser dividido em dois grandes grupos. Em um grupo estão os sinais regidos por **regras de modificação da raiz** que sofrem alterações sistemáticas de uma base através da adição ou supressão de afixos ou modificações internas. No outro grupo estão aqueles sinais que se formam por **regras de composição**, que ocorre quando duas ou mais bases se combinam dando origem a uma outra forma, a partir de outro elemento ou ainda através de modificações concomitantes.

Para esta pesquisa foi necessário compreender como os constituintes dos sinais organizam-se em processos de flexão, ou até mesmo junção de dois sinais que formam sinais compostos. Também foi necessário saber como se relacionam, quais suas principais características e quais parâmetros estão envolvidos em cada tipo de processo de formação de um novo sinal. A seguir, são apresentados os processos de formação de sinais, de acordo com os estudos relatados em (Felipe, 1998a), (Felipe, 1998b), (Felipe, 2002) e (Felipe, 2006).

3.2.1 Processo por modificação da raiz

Segundo (Felipe, 2006) os processos de modificação da raiz podem ocorrer pela junção de sufixos ou de infixos, nos processos por sufixo o parâmetro movimento, em um dado momento é finalizado com um movimento oposto, que seria a incorporação da negação, como por exemplo

¹Algumas línguas orais-auditivas também possuem classificadores, para aprofundar nessa conceituação, consultar: (Felipe, 1998a,b, 2002)

²Em sua tese de doutorado(Felipe, 1998a) e (Felipe, 1998a), a professora Tanya Felipe apresenta um estudo detalhado sobre classificadores existentes em várias línguas orais-auditivas.

em QUERER; QUERER-NÃO, SABER; SABER-NÃO, GOSTAR;GOSTAR-NÃO⁴. A Figura 3.1 apresenta esta estrutura.

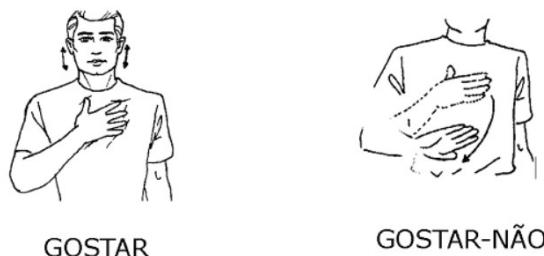


Figura 3.1: Exemplo Modificação da Raiz por Sufixo
Fonte: Felipe (2006)

Segundo (Felipe, 2006) na Libras o processo por infixo, ocorre uma alternância de movimento, ou ainda de expressão corporal (movimento da cabeça de negação), como exemplo: TER;TER-NÃO, ENTENDER;ENTENDER-NÃO, PODER;PODER-NÃO.

3.2.2 Processo de formação por Flexão

De acordo com (Felipe, 2006) pode ocorrer através de 5 mecanismos na Libras: a flexão para a pessoa do discurso, a flexão para o aspecto verbal, a flexão para gênero, a flexão para o locativo e os verbos com flexão de frequência ou de casos modais

Flexão para a pessoa do discurso: Por meio do deslocamento, a direção do parâmetro movimento pode fazer trajetórias retilíneas ou em semi-círculo, fazendo assim a flexão com as pessoas utilizadas no discurso. O inicio e fim do movimento de deslocamento, vão marcar o sujeito e o objeto que concordam com o verbo. A Figura 3.2 apresenta a sinalização do verbo "PERGUNTAR".



Figura 3.2: Verbo com flexão para a pessoa do discurso (PERGUNTAR)
Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Flexão para o aspecto verbal: Fazendo a marcação dos casos modais, através da mudança de frequência ou ainda da velocidade do movimento da Raiz acrescenta-se informações

⁴Esses sinais estão escritos em um sistema de glossas, proposto pela pesquisadora Tanya Felipe por ocasião de sua tese de doutorado, Felipe (1998a)

sintático-discursivas. A Figura 3.3 apresenta este tipo de flexão. Neste verbo a frequência lenta de execução do verbo demonstra o "cuidado" em andar na ponta dos pés. Assim a frequência representa o gramema destes verbos.



Figura 3.3: Verbo com flexão para o aspecto verbal (ANDAR na ponta dos pés)

Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Flexão para gênero: conforme (Felipe, 1998a) a flexão de gênero não se refere aos valores (masculino e feminino) como em línguas orais auditivas. Neste caso há a marcação de concordância de gênero-animado (pessoa ou animal) ou inanimado (objeto ou veículo).

No verbos classificadores, o parâmetro configuração de mão vai se realizar como um gramema, que retomará anaforicamente um item lexical já citado anteriormente. É possível observar isso na Figura 3.4, nos dois exemplos do verbo cair, o parâmetro configuração de mão muda de acordo com o que se necessita representar, pois o "cair" de um objeto como um prato, é diferente do "cair" de um papel.

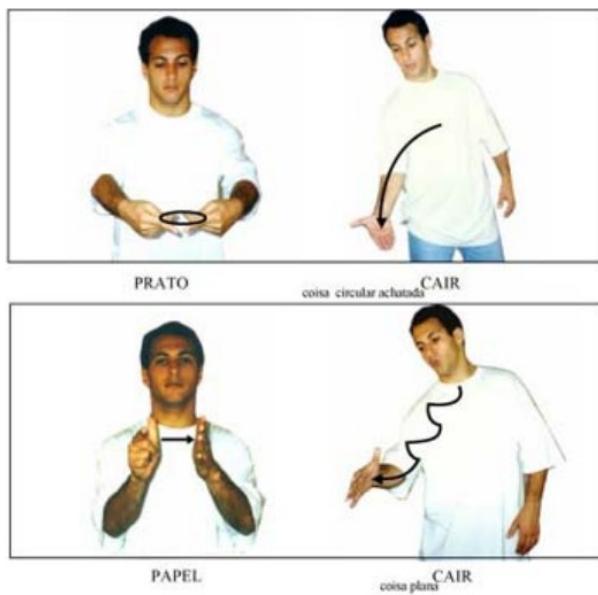


Figura 3.4: Exemplo de verbos com flexão de gênero

Fonte: Felipe (1998a,b, 2006)

Flexão para o locativo:

Segundo (Felipe, 2002) o ponto de articulação, pode indicar um tipo de flexão verbal. A Figura 3.5 apresenta o verbo "colocar", que além de ser um verbo classificador, também possui concordância para o locativo. A marca de concordância de locativo indica que o objeto direto

da frase terá seu ponto final de deslocamento no locativo apresentado anteriormente ao objeto, por isso a importância da ordem para esse tipo de verbo. Ou seja: primeiro o locativo, depois o objeto que finalizará sua articulação no ponto de articulação do locativo.



Figura 3.5: Verbo com flexão para o locativo (COLOCAR)
Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Incorporação de numeral: Segundo (Felipe, 2002) ocorre pela definição de quantificadores (1, 2, 3, MUIT@S), acrescentando a raiz verbal um quantificador (dual, trial, quatrial ou ainda o plural) Também pode ser usado em alguns advérbios (ANTEONTEM, UMA-VEZ, DUAS-VEZES, TRÊS-VEZES, PRIMEIROANDAR) e ainda o plural genérico muit@s. O parâmetro que vai funcionar como gramema é a "configuração de mão", pois sofre alterações de acordo com o que quer concordar. A troca de configuração de mão ocorre ao final do movimento de deslocamento do sinal. A Figura 3.6 apresenta o advérbio ANTEONTEM.



Figura 3.6: Incorporação do numeral para o sinal ANTEONTEM
Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Intensificador muito ou de casos modais: Segundo (Felipe, 2006) ocorrem alterações na frequência (gramema) do movimento da raiz verbal, com incorporação do advérbio “rapidamente” (movimento repetido e acelerado) e do intensificador “muito” (movimento lento e alongado para a frente do emissor):

ANDARmuito ESCREVERmuito

TRABALHARrapidamente,

ANDARRapidamente,

ESCREVERrapidamente;

A Figura 3.7 apresenta a sinalização do verbo "trabalhar" sem alterações na frequência.

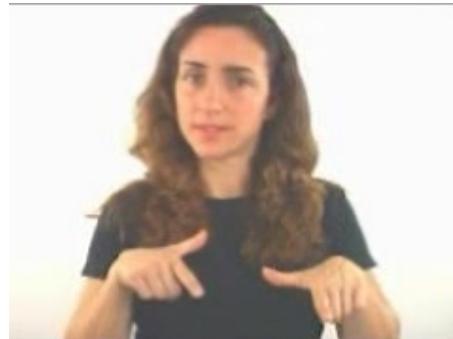


Figura 3.7: Verbo com caso modal TRABALHAR
Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Processos Miméticos ou Icônicos: Segundo (Felipe, 1998a,b, 2006) a Libras, devido suas características gestuais-visuais, pode introduzir, no contexto discursivo, uma mímesis ou um ícone podem ser um sinal lexicalizado, assim um objeto, um estado, um processo ou uma ação pode mimeticamente ser representada juntamente com a estrutura frasal.

Processos de derivação Zero: Esse processo também é encontrado em línguas orais-auditivas, no caso da língua inglesa, tem como exemplos os itens lexicais: *brush; comb, shelf, cloth*, estes dependem do contexto linguístico para identificar sua classe gramatical. Em Português ³ também pode acontecer ao se substantivar um verbo ou um artigo através do formação de um sintagma nominal com um determinante.

3.2.3 Processos de Formação por Composição

Segundo Felipe (1998a,b, 2006) esses processos podem ser:

Justaposição de dois itens lexicais quando dois sinais, que sozinhos tem significados semânticos distintos se juntam e formam uma nova palavra, como exemplo os sinais:

CASA \wedge ESTUDO = ESCOLA;

A figura 3.8 apresenta este sinal, que é formado pela junção dos dois itens lexicais.



Figura 3.8: Sinal ESCOLA
Fonte: Felipe, T. Dicionário da Libras 2000

Justaposição de um classificador com um item lexical: Ocorre quando o classificador não é uma marca de gênero e sim um clítico.

Justaposição de Datilologia: Ocorre com o uso da datilologia da palavra, em português, com o sinal que representa a ação realizada pelo substantivo que, na sede semântica da ação verbal, seria o seu caso instrumental. - Exemplo:

³Ex: O amar é divino; O belo alegra os olhos. Nos dois exemplos o uso do artigo definido "o", muda a classe gramatical que em vez de verbo passa a ser substantivo

COSTURAR-COM-AGULHA \wedge A-G-U-L-H-A agulha.

A Figura 3.9 apresenta como ocorrem os processos de formação de sinais em Libras. É importante destacar que os parâmetros que eram analisados como unidades mínimas sem significado no plano fonológico, no nível morfossintático deste trabalho assumem o papel de descriptores e definidores de processos morfológicos que formam as novas palavras.

Os processos de flexão são o alvo principal desta dissertação, pois existem alterações nas raízes verbais. Dessa forma, baseado no modelo fonológico de (Antunes, 2015), esta dissertação fará a descrição das unidades morfológicas mínimas em forma de lexemas e gramemas, mostrando como os morfemas se articulam com o nível fonológico.

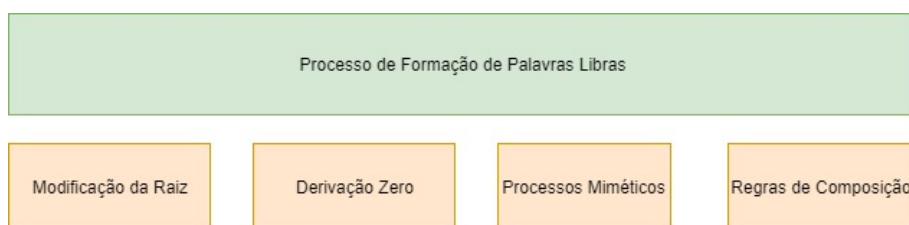


Figura 3.9: Processo de Formação de Sinais na Libras

Fonte:(Felipe, 1998a,b, 2002, 2006)

3.3 PROCESSAMENTO DE LINGUA NATURAL

Segundo (Rosas, 2011) o PLN é a subárea da Inteligência Artificial (IA) que estuda a capacidade e as limitações de uma máquina em entender a linguagem dos seres humanos com objetivo de fornecer aos computadores a capacidade de "entender" e compor textos. Presume-se que o entendimento de um texto significa reconhecer o contexto em que está inserido, fazer análise fono-morfo-sintático-semântico-discursiva, criar resumos, extrair informação, fazer traduções, interpretar os sentidos, analisar sentimentos e até aprender conceitos com os textos processados. Para que o computador possa entender o código linguístico são necessários algoritmos para manipulação e também de estrutura de dados para armazenamento e recuperação destes dados de algum lugar.

Como a língua está organizada em um sistema de camadas ou níveis com regras próprias, cada nível trata de um aspecto do processo de comunicação (Rosas, 2011). Percebe-se assim a importância de descrições adequadas e precisas dos componentes em cada nível da língua, pois o nível imediatamente superior, necessita receber as descrições anteriores. Quanto maior a "riqueza" da língua, maior a complexidade computacional dos algoritmos responsáveis por dar ao computador "entendimento" da língua.

No nível fonológico, as unidades são os fonemas. No nível morfológico os morfemas, estes são percebidos como um conjunto de unidades mínimas com significado que formam palavras. No nível sintático, uma sentença ou frase é formada por regras de combinação de palavras, que são morfemas livres ou presos.

Para um sistema computacional fazer a análise das unidades descriptivas de cada nível da língua, há a necessidade do desenvolvimento de modelos computacionais para a realização de tarefas que dependem de informações que são expressas em uma língua natural. Segundo (Russel, 2004), o objetivo é criar modelos computacionais da linguagem suficientemente detalhados que devem permitir escrever programas que atuem nas diferentes áreas onde intervém a linguagem natural.

3.3.1 O Formalismo Gramatical, Gramáticas de Autômatos

Para que seja possível a análise morfológica da Libras, será usado o conhecimento linguístico para determinar que os sinais são divisíveis em morfemas, que por sua vez subdividem-se em lexemas e gramemas, que ao se concatenarem formam novos sinais, em um processo de flexão, regido por regras, internalizadas por usuários de uma língua. Para o processamento computacional é necessário identificar essas regras, formalizá-las para depois poder codificá-las para o processamento computacional. Segundo (Alencar e Othero, 2012), o processo de formalização das regras supra mencionadas é importante para o processamento computacional e o domínio das noções básicas nessa área é imprescindível para o estudo do processamento, tanto a nível da palavra quanto da frase.

Uma gramática formal é uma especificação rigorosa e explícita da estrutura de uma dada língua, escrita por meio de convenções, em notações chamadas também de meta-linguagens, ou formalismos gramatical, que é uma linguagem artificial criada para a descrição de línguas naturais como a Libras ou o Português.

A gramática de uma língua formal é um mecanismo capaz de produzir todas as cadeias pertencentes a esta língua (Alencar, 2004), assim, para esta dissertação adotou-se este recurso para a geração dos morfemas. Na Ciência da Computação, também são necessários dispositivos capazes de reconhecer as línguas formais, ou seja, determinar se uma dada cadeia pertence ou não pertence a uma certa língua. Esses dispositivos são chamados de "autômatos".

Alencar ainda traz uma discussão interessante sobre esses dois recursos quando afirma que "*Nessa acepção estrita, portanto, o termo gramática, se restringe aos dispositivos capazes de gerar uma língua, ao passo que o reconhecimento e análise são feitos por autômatos. No entanto, na Teoria Gerativa e na Linguística Computacional, de uma maneira geral, tanto autômatos quanto gramáticas são consideradas estruturas de dados declarativas que podem ser utilizadas por um algoritmo tanto para reconhecimento e análise quanto para geração*" (Alencar e Othero, 2012, p. 22). Como essas estruturas declarativas refletem os aspectos de uma dada língua, elas podem ser utilizadas para a implementação computacional.

3.3.2 Gramática Léxico Funcional (LFG)

A LFG resultou da convergência de investigações conduzidas no início dos anos 70 na área de Linguística e das Ciências da Computação (Bresnan, 1977). Caracteriza-se principalmente por trazer consigo o conceito de matriz atributo valor para a representação das relações gramaticais e funcionais. Muitos desses valores são refletidos no léxico, surgindo assim o interesse desta pesquisa pelo uso desse formalismo.

O formalismo LFG assume duas formas para a representação da estrutura sintática, a estrutura de constituintes, chamada de "*c-structure*" e a estrutura funcional ou "*f-structure*". Essas estruturas constituem dois subsistemas do sistema geral de estruturas linguísticas. A estrutura funcional é a organização sintática funcional abstrata da sentença, familiar das descrições gramaticais tradicionais, representando a sintaxe estrutura de argumento-predicado e relações funcionais como sujeito e objeto.

Existem diversos trabalhos que utilizam o formalismo LFG para formalização e estudo dos níveis linguísticos tanto de línguas orais-auditivas quanto gestuais-visuais. Dentre estes pode-se destacar (Börjars e Vincent, 2017) que utilizam o LFG para fazer a descrição do nível sintático da Língua Indiana de Sinais. O formalismo apesar de ter o foco na descrição lexical, também é usado para descrição do nível do discurso como pode ser visto em (Gazdik e Komlósy, 2011) e (Mycock e Lowe, 2013). Essa possibilidade de extensão para os demais níveis possibilitou a escolha deste formalismo para fazer um breve estudo de descrição lexical.

Para enfatizar a necessidade de descrição adequada por parte dos algoritmos computacionais, a Equação 3.1 apresenta as unidades do nível sintático de uma dada língua. As regras de produção vão sendo geradas até chegar nos elementos terminais (N,V). Quando se trata dos substantivos, a fórmula dá conta de gerar os nomes, no entanto, como foi visto nas sessões anteriores a Libras é uma língua flexionante (Felipe, 2006) para um grupo de verbos. Assim, se faz necessário uma expansão que inclua o nível morfossintático para dar conta das flexões, como também acontece em Português, pois quando estes verbos flexionam, à suas raízes são adicionadas as gramemas, que podem marcar diversas características como modo, tempo e pessoa.

$$\begin{aligned}
 S &= SN\ SV \\
 SN &= N \\
 SV &= V
 \end{aligned}$$

(3.1)

Assim, os verbos classificadores, os verbos com flexão para a pessoa do discurso e os verbos com flexão para o locativo não podem ser gerados por esta regra. Sendo que S é uma sentença formada pela concatenação de um sintagma nominal(SN), com um sintagma verbal (SV), o sintagma nominal é formado por N (substantivo) e um SV por V (verbo). Assim N pode ser ocupado por nomes (casa, escola) e V por verbos (cantar, andar).

Quando os verbos flexionam, o caso dos verbos com flexão para a pessoa do discurso (Vfpd), verbos classificadores (Vclass) e verbos locativos (Vloc), a regra precisa ser expandida como acréscimo do nível morfossintático, após o nível sintático com seus respectivos sintagmas, para que possa representar a flexão. Assim esses verbos serão compostos por lexema e gramema. A Equação 3.2 apresenta isto.

$$\begin{aligned}
 S &= SN\ SV \\
 SN &= N \\
 SV &= V \\
 V &= Vfpd \mid Vclass \mid Vloc \\
 Vfpd &= \text{lex gram} \\
 Vclass &= \text{lex gram} \\
 Vloc &= \text{lex gram}
 \end{aligned}$$

(3.2)

Estas regras demonstram de uma forma breve, a necessidade de algoritmos computacionais que refletem essa organização do sinal na formação gramemas e lexemas, conforme foi descrito em (Felipe, 2006). Dessa forma, torna-se necessária a descrição adequada do nível morfossintático, que é onde ocorre esse processo de formação de sinais, fornecendo assim ao nível sintático as possibilidades de combinações adequadas à língua.

4 LEX-LIBRAS, O MODELO COMPUTACIONAL

Este capítulo apresenta a definição do nível morfossintático da Libras pelo Lex-Libras. Usando um modelo conceitual de estrutura em árvore e uma GLC para a modelagem do nível formal. Partindo desses requisitos, será possível fornecer as entradas para o avatar inteligente a partir do CORE-SL e, em um outro momento, uma integração com a ferramenta de (Herbig, 2018). Também é apresentado um breve estudo inicial de descrição, usando o formalismo LFG/XLE, uma ferramenta da linguística computacional.

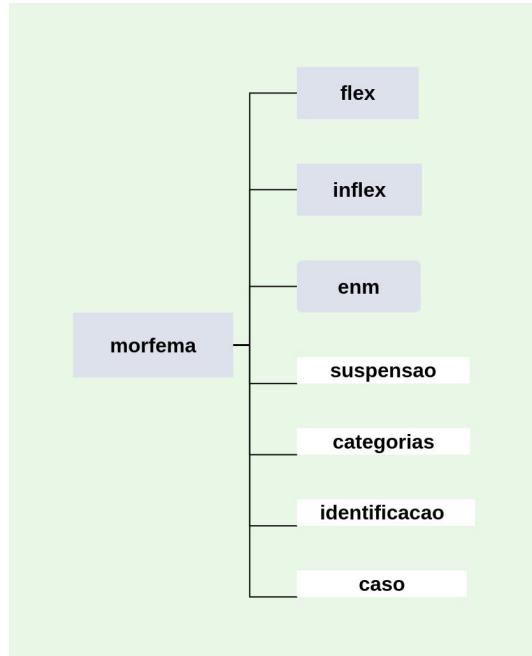
4.1 DEFINIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Segundo Antunes (2015) para a construção de artefatos computacionais que proponham a interação eficiente em Língua de Sinais, é necessário definir o nível conceitual, em forma de árvore. Para a especificação do modelo conceitual do Lex-Libras foi usado o modelo fonológico de (Antunes, 2015). No entanto é importante dizer que ele usou este modelo a fim de definir um sinal, esta pesquisa utiliza algumas estruturas fonológicas já descritas com o intuito de definir um **morfema**. Dessa forma, os fonemas foram agrupados a fim de formar **morfemas**. A sintaxe adotada neste trabalho foi: **<elemento>**, **atributo** e “valores”, para o processo de modelagem foi utilizado o software XMind (Mind Mapping and Brainstorming Software)¹.

O elemento raiz do modelo morfológico adotado é o morfema. Assim definiu-se o elemento **<morfema>**. o morfema pode ser composto pelos elementos: **<flex>** ou **<inflex>**, como apresentado na Figura 4.1. O **<morfema>** possui quatro atributos: **<suspensao>**, **<categoria>**, **<identificacao>** e por fim **<caso>** . O atributo **<categorias>**, é definido pelos seguintes elementos: **cat-morf**, responsável por descrever as categorias morfológicas, pode ter os valores: “n”(substantivo ou nome)”, “v (verbo)”, “adv (advérbio)”, “adj (adjetivo)”, “prep”(preposição), “num”(numeral”, “conj”(conjunção) e “int”(interjeição); **cat-gram**, responsável por descrever as categorias gramaticais, que pode ter os seguintes valores: “lexema”ou “gramema”, assim a palavra começa a ter um valor também ao nível da sentença (regras morfossintáticas).

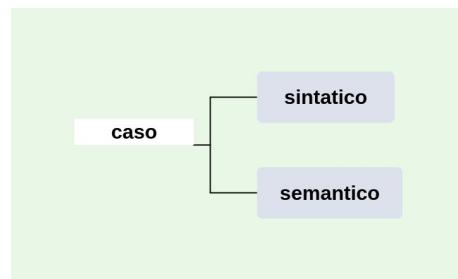
O atributo **suspensao** é opcional descrito por dois elementos, **<seq>**, que é utilizado para definir os sinais que são compostos de dois sinais (Felipe, 2006), o elemento **<relacao entre maos>**, define as relações entre as mãos conforme (Antunes, 2011), pode assumir os valores “simétrica”ou “assimétrica”, e, finalmente, **identificacao** é o nome atribuído ao morfema, que vai descrever o sinal, que Antunes (2011) chamou de identificação também.

¹Disponível em: <http://www.xmind.net/>

Figura 4.1: Especificação do elemento `<morfema>`

Fonte: O Autor

O atributo `caso`, é definido por dois elementos `<semântico>` e `<sintático>`. Estes elementos são descritos para refletir os papéis temáticos de um esquema de rede verbal definido em (Felipe, 1998a,b). O elemento `<semântico>` contém os seguintes valores: "ag"(agente), "exp"(experiente), "ben"(beneficente, "pac"(paciente), "loc"(locativo), "tema", "origem"e "meta". O elemento `<sintático>` possui os seguintes valores: "suj"(sujeito), "obj-1(objeto direto) e "obj2"(objeto indireto). A Figura 4.2 descreve este atributo.

Figura 4.2: Especificação do atributo `<caso>`

Fonte: O Autor

O elemento `<flex>`, define os morfemas que sofrem flexão, usado para representar o grupo de verbos que, segundo (Felipe, 1998a,b, 2006) sofrem flexão e por conseguinte são formados por lexemas e gramemas. O elemento `<inflex>` define os demais tipos de sinais, ou seja, aqueles que não sofrem flexão. Este elemento pode ser utilizado afim de atribuir valores morfossintáticos, para os sinais já descritos por Antunes (2011), assumindo o Lex-Libras a função PLN de etiquetador. A Figura 4.3 apresenta o elemento `<flex>`.

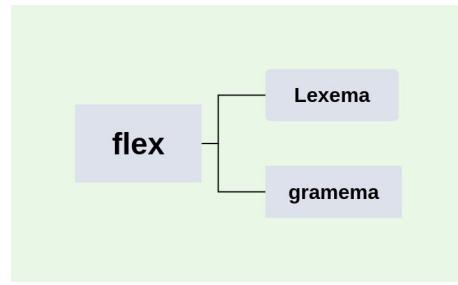


Figura 4.3: Especificação do elemento <flex>

Fonte: O Autor

4.1.1 Regra para definição dos lexemas:

A figura 4.4 apresenta o elemento **<lexema>**. No modelo de (Antunes, 2015) um dado sinal pode ser articulado com uma ou com duas mãos. Aqui adotou-se esse padrão e os elementos que formam lexema são **<mao-dominante>** e **<mao-nao-dominante>**. O elemento **<mao-dominante>** é composto por quatro dos cinco parâmetros fonológicos da Libras e que podem ser articulados com uma ou com as duas mãos. Assim foram criados os seguintes elementos: **<configuracao de mao>**, **<movimento>**, **<localizacao>** e **<orientacao>**. A fim de descrever os dois tipos de movimentos (locais e deslocamento), o elemento **<movimento>**, é definido por dois elementos: **<local>** e **<deslocamento>**, como supramencionado, estes quatro parâmetros são fonemas, assim não há a necessidade de descrição até os valores terminais. Caso seja necessário, os mesmos quatro parâmetros serão descritos também no **<mao nao-dominante>**, conforme (Antunes, 2015).



Figura 4.4: Especificação do elemento <lexema>

Fonte: O Autor

4.1.2 Definição dos Gramemas

Segundo (Felipe, 1998a,b, 2006, 2002) há um grupo de verbos que são compostos por lexemas e gramemas, que são regidos por complexos processos de flexão, onde esta "parte" gramatical que, intrinsecamente refere-se aos gramemas, descreve aspectos morfossintáticos da Libras. A Figura 4.5 apresenta a modelagem destes gramemas feita pelo Lex-Libras.

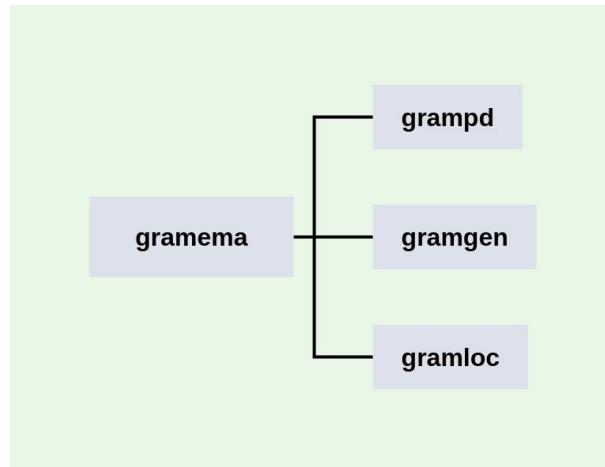


Figura 4.5: Especificação do elemento <gramema>

Fonte: O Autor

4.1.2.1 Regra para os verbos com flexão para a pessoa do discurso

Para a descrição da flexão destes verbos definiu-se o elemento **<grampd>**, o qual é formado pelos elementos **<direcionalidade>**, **<proximidade>**, a regra foi feita de acordo com (Felipe, 2006) pois a autora define que o parâmetro direcionalidade marca as pessoas do discurso.

O elemento **<direcionalidade>** possui os seguintes valores: "para a frente em direção ao interlocutor", "para a frente em direção ao interlocutor em arco 45 para direita", "para a frente em direção ao interlocutor em arco 45 para a esquerda", "ou outro ponto negociado pelos falantes" e "para a frente em direção ao locutor".

O elemento **<proximidade>** foi modelado aqui, para descrever onde o movimento de direcionalidade começa e termina, em (Antunes, 2011) este elemento era responsável por marcar a distância do ponto de articulação em relação ao falante. O elemento foi definido, sendo composto por dois elementos **<inicio>** e **<fim>**. Em ambos os valores possíveis são "proximal", "medial", "distal" e "longitudinal", o elemento **<pessoa>** possui os seguintes valores "1s"(1ª pessoa do singular, "2s"(2ª pessoa do singular), "3s"(3ª pessoa do singular), "1p"(1ª pessoa do plural), "2p"(2ª pessoa do plural) e "3p"(3ª pessoa do plural). Esta marcação de início e fim que foi descrita no parâmetro movimento em (Antunes, 2011) é importante aqui, pois a nível morfossintático, é responsável pela marcação das pessoas do discurso (sujeito e objeto). A Figura 4.6 apresenta estas definições.

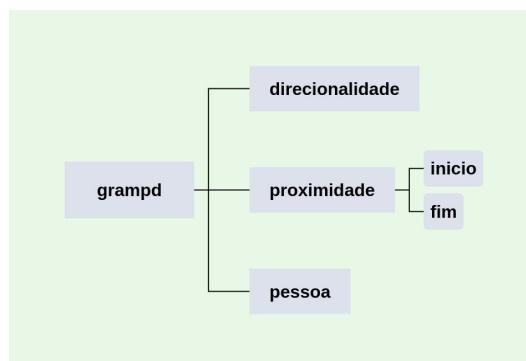


Figura 4.6: Especificação do elemento <flexpd>

Fonte: O Autor

4.1.2.2 Regra para os verbos com flexão para gênero:

A Figura 4.7, apresenta a descrição do gramema de gênero (animado / inanimado) (Felipe, 2006). O elemento **<configuracao de mao>** é descrito por dois elementos **<md>** e **<me>**, que descrevem a mão preferencial do falante, ambos os elementos podem conter os seguintes valores "1", "2", "8a", "13", "14", "31", "32", "42", "49", "51a", "59a", "61" e "62", referentes as configurações de mão que podem descrever os classificadores. O elemento **<classificador>**, possui os elementos **<animado>** e **<inanimado>**, o elemento animado pode ter os seguintes valores: "pessoa"ou "animal" e o elemento inanimado "objeto"ou "veiculo". A numeração das configurações de mão foram feitas de acordo com a figura 4.8 ².

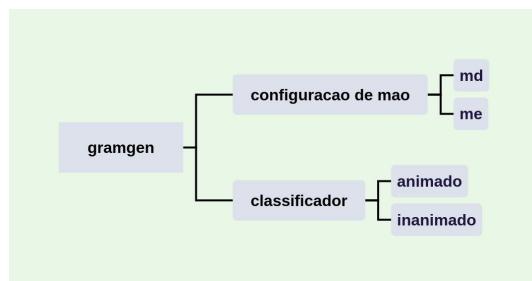


Figura 4.7: Especificação do elemento <gramgen>

Fonte: O Autor



Figura 4.8: Tabela de Configuração de mãos

Fonte: Dicionário da Libras versão 2.0

4.1.2.3 Regra para os verbos com flexão para o locativo

A Figura 4.9 apresenta a descrição do elemento **<gramloc>**, que descreve o gramema dos verbos com flexão para o locativo que, de acordo com (Felipe, 2002), esta localização não possui relação com a localização sínica do verbo, mas é um ponto onde o movimento de

²Felipe T. (2005) Dicionário da Libras Versão 2.0. disponível em: http://www.ines.gov.br/dicionario-de-libras/main_site/libras.htm

deslocamento desses verbos termina e faz a concordância de lugar com o sinal que antecede o verbo. Para isso definiu-se **<concloc>** e **<acao>**. O elemento **<concloc>** é descrito por três elementos **<proximidade>**, **<deslocamento-ipsilateral>** e **<localizacao-central>**.

Os valores possíveis para o elemento **<proximidade>** são "*proximal*", "*medial*", "*distal*" e "*longitudinal*", conforme (Antunes, 2011), o elemento **deslocamento-ipsilateral** possui os seguintes valores: "*paralelo a linha medial*", "*paralelo ao peito*" e "*paralelo ao ombro*". O elemento **localizacao-central** pode ter os seguintes valores: "*cabeça (topo)*", "*testa*", "*testa (lateral)*", "*olhos*", "*nariz*", "*boca*", "*queixo*", "*esterno*", "*tronco*", "*pESCOço*", "*abdômen*", "*peito*", "*ombros*", "*cintura*", "*estômago*", "*pernas*". O elemento **<acao>** possui os seguintes valores "*apertar*", "*tocar*", "*apontar*" e "*circundar*".

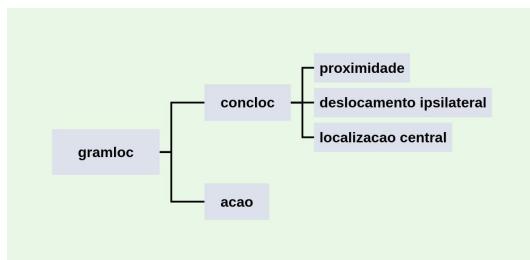


Figura 4.9: Especificação do elemento **<gramloc>**
Fonte: O Autor

É possível notar que os quatro parâmetros fonológicos podem aparecer em mais de um elemento, no caso dos lexemas, o que era de se esperar, assim eles vão apresentar a mesma descrição independente do tipo de lexema. Os elementos são: **<configuracao-de-mao>**, **<localizacao>**, **<orientacao>**, **<movimento>**, para esta pesquisa, o elemento **<movimento>**, foi agrupado em dois sub-elementos **<deslocamento>** e **<locais>**. Também destaca-se que: a descrição dos cinco parâmetros da Libras, quando estes tiverem o objetivo puramente fonológico, foram seguidas as descrições feitas por (Antunes, 2011).

A partir do que foi exposto acima, esta dissertação teve o intuito de descrever em um modelo passível de tratamento computacional, o nível morfossintático da Libras. Para que isto fosse possível foi necessário utilizar um modelo fonológico que forneceu tais entradas, pois os morfemas são formados por fonemas, as descrições acima demonstraram isso. Para a formação dos lexemas, são necessários diferentes parâmetros. Coube a este trabalho identificar como formalizar esta gramática para que seja possível o tratamento e manipulação computacional do código linguístico. Em suma, esta dissertação está "re-significando" a descrição fonológica de Antunes reagrupando os fonemas, já descritos em (Antunes, 2015) para alguns serem representados como morfemas no nível morfológico.

4.1.3 Elemento expressão não manual

Segundo (Felipe, 2013) as expressões não manuais podem ter funções fonológicas, morfológicas, sintático-semânticas e discursivas. A expressão não manual pode ter os seguintes significados morfológicos: morfema adjetivo, morfema deílico, morfema adverbial e morfema para o grau do adjetivo.

Segundo Antunes (2011), o elemento **<expressao nao-manual>** foi definido por quatro elementos: **<especifica>**, **<rosto>**, **<cabeça-exp>** e **<tronco-exp>** com um atributo chamado **<sequencia>**, que define uma expressão que é feita em segmentos. Dessa forma, para o Lex-Libras é importante saber quais expressões não-manais são de cunho morfológicas. Baseado nisso foi necessária a criação do elemento **<tipo>**, responsável por descrever o tipo de expressão

não-manual, que contem os valores "*morfema-adjetivo*", *morfema-adverbial*", "*dêixis*" e "*morfema grau de adjetivo*". A figura 4.10 apresenta a inclusão do novo elemento.



Figura 4.10: Especificação do Elemento **<expressao-nao-manual>**

Fonte: Adaptado pelo autor de (Antunes, 2011)

O elemento **<especifica>**, pode conter os seguintes valores: “*tristeza*”, “*alegria*”, “*felicidade*”, “*sorrindo*”, “*brava*”, “*duvida*”, “*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*”, a descrição morfossintática das expressões não manuais ainda carece de estudos mais aprofundados, o Lex-Libras focou neste momento, apenas nas específicas que foram descritas na Figura 4.10.

4.2 FORMALIZAÇÃO DAS REGRAS EM UMA GLC

Após a modelagem conceitual, feita na seção anterior, as regras foram formalizadas por meio de uma EBNF em uma GLC, formalismo amplamente aceito e utilizado para trabalhos desta natureza (Antunes, 2015), (De Martino et al., 2017) e (Amaral, 2012) e o modelo foi então codificado em uma linguagem computacional por meio do formato em JSON,⁵ que o torna independente de linguagem, pois usa convenções linguagens do tipo C e familiares. Estas propriedades fazem com que JSON seja um bom formato para a troca de dados. A Figura 4.11, apresenta a inclusão do Lex-Libras no CORE-SL, usando uma GLC. É possível observar que a gramática inclui o elemento raiz do Lex-Libras, o “morfema”, a gramática define que o morfema pode ser flexionante (flex), não flexionante (inflex) e também pode ser uma expressão não-manual (enm). O restante das regras estão contidas nos apêndices desta dissertação.

⁵<https://www.json.org/json-pt.html>

CORE-SL

core_si= (componente_fonetico, componente_morfologico);
phonetic_component= identifier, sign;

REGRAS MORFOLÓGICAS

componente_morfologico= lex-libras;
lex-libras = morfema;

MORFEMA

morfema= (flex| inflex|enm),suspenso,categorias, identificacao,caso;
inflex= sinal;

Figura 4.11: Inclusão do Lex-Libras no CORE-SL, via GLC

Fonte: O autor

4.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO LFG-XLE

O *Xerox Linguistic Environment*³ (XLE - Ambiente de Desenvolvimento Xerox) é um programa para analisar e gerar gramáticas funcionais lexicais (LFGs), juntamente com interface gráfica de usuário para escrever e depurar essas gramáticas.

Desta forma, o XLE, nos moldes das estruturas lexicais baseadas em conjuntos e apresentadas no capítulo 2 (de forma breve), consegue estabelecer a interação básica entre a estrutura lexical, que é de maior interesse para esta pesquisa, a estrutura de constituintes e estrutura funcional para a representação do conhecimento sintático (pesquisas futuras).

A LFG (Bresnan, 1991) é um formalismo elegante por apresentar regras gramaticais simples e incorpora aspectos complexos à representação do léxico. As regras gramaticais indicam a formação permitida aos constituintes de uma sentença. O léxico da LFG representa as palavras próprias de uma língua, juntamente com suas categorias gramaticais e seus traços.

Para representar a Libras com uma descrição lexical, foi usado o corpus grammatical que também será usado pra geração das estruturas em JSON no próximo capítulo. Para isso foram modeladas via LFG/XLE as entradas lexicais para as classes gramaticais da Libras, para assim fazer a modelagem, começando com o verbo transitivo direto usando o LFG, e algumas funções sintáticas tais como sujeito, objeto direto e objeto indireto. Esta modelagem em LFG é um estudo de cunho experimental feita por nossa pesquisa, que visa ser estendido para o nível sintático.

A figura 4.12 apresenta a transitividade do verbo “falar1s3s”⁴ é representada pelo valor associado a (pred), o qual especifica que o verbo, cuja forma infinitiva é “falar”, exige a estrutura formada por Sujeito e Objeto, sendo assim, é um verbo transitivo direto.

O valor (pred) aqui representado apenas no léxico pode ser incorporado às estruturas sintáticas, e ser utilizado em uma posterior análise semântica. A classe grammatical verbo é

³<http://ling.uni-konstanz.de/pages/xle/>

⁴essa estrutura dá conta de representar as partes do morfema, onde "falar" refere-se ao lexema e "1s3s"refere-se ao gramema

representada pela letra "v", \wedge indica que o item lexical pode se associar a um símbolo pré-terminal das regras gramaticais. Também é possível descrever que o verbo flexionado está na primeira pessoa do singular, o fenômeno gramatical da concordância ligado a esta função gramatical é capturado pelos atributos de número e pessoa codificados na entrada lexical falar.

```
falar1s3s V* (^ PRED) = 'falar<(^SUBJ (^ OBJ)>>
(^ SUBJ PERS) = 1
(^ SUBJ NUM) = sg.
```

Figura 4.12: Descrição em LFG verbo "falar"

Fonte: O Autor

Para esta dissertação em específico, os valores que o formalismo LFG representa como o verbo no infinitivo, descritos em (pred) em forma de glosa, foram associados ao lexema verbal, já os valores representados pela glosa "1s3s" são as desinências de concordância dos verbos com flexão para a pessoa do discurso (Felipe, 2006), ou simplesmente o gramema, que são representadas sintaticamente por sujeito e objeto direto, o parâmetro direcionalidade é quem determina essas funções sintáticas, pois o inicio e fim do movimento determinam o sujeito e o objeto respectivamente, configurando assim o gramema.

A Figura 4.13 apresenta a descrição da entrada lexical de um substantivo, representada por "N", o LFG já começa atribuir características semânticas na própria descrição das entradas lexicais, como é possível observar nos comentários dentro do trecho de código.

```
mosquito N * (^ PRED) = 'mosquito'
(^NTYPE NSEM COMMON) = count "característica semântica do nome: comum (contável"
(^NTYPE NSYM) = common "tipo sintático do nome: (comum)"
(^HUMAN) = - "designação do nome: não humano"
(^ANIM) = +.
```

Figura 4.13: Descrição em LFG substantivo "mosquito"

Fonte: O Autor

Para os adjetivos: o valor "A" designa que a palavra pertence a classe gramatical adjetivo, o valor "attributive", quer dizer que este adjetivo está funcionando com modificador de um nome, conforme o corpus, e o valor "positive", significa o grau do adjetivo "velh@". A Figura 4.14 apresenta esta descrição.

```
velh@ A * (^ PRED)='velho<(^ SUBJ)>'
(^ ATYPE)=attributive "used when modifying nouns"
(^ DEGREE)=positive.
```

Figura 4.14: Descrição em LFG do adjetivo "velh@"

Fonte: O Autor

A Figura 4.15 apresenta a descrição em LFG do advérbio "MUITO", a marcação da categoria morfológica é atribuída pelo valor "Adv", o valor "vpmode", atribui o sentido de que este advérbio seleciona um sintagma verbal (Santos, 2014) e o valor de "(DEGREE)= superlative", atribui o valor de grau superlativo de intensidade.

```

muito Adv * (^ PRED)='muito'
(^ ADV-TYPE)=vpmod.
(^ DEGREE )= superlative

```

Figura 4.15: Descrição em LFG de um advérbio "muito"

Fonte: O Autor

Em geral os argumentos verbais mais ligados ao verbos são percebidos como objeto, na LFG descrito como OBJ (Santos, 2014). Os verbos, considerados bitransitivos em Libras, podem representar verbos que possuem a concordância de locativo. A Figura 4.16 apresenta a descrição do verbo "DAR", que pode selecionar, 3 argumentos sendo um sujeito e dois objetos. Assim, em línguas que permitem dois objetos, estes são tratados como objetos secundários, mas ao invés de serem codificados como OBJ2 é codificado como "OBJ-TH".

```

dar V* (^ PRED)='dar<(^ SUBJ) (^ OBJ) (^ OBJ-TH)>' .

```

Figura 4.16: Descrição em LFG verbo "DAR"em Português

Fonte: O Autor

No entanto para a Libras, os verbos com flexão para o locativo conforme o objeto indireto vem antes do objeto direto, como é possível observar na Figura 4.17. Este exemplo foi retirado de (Felipe, 2002).

```

MESAK COPO coisa-arredondadaCOLOCARK "eu colocar copo na mesa" 'ou'
"na mesa, eu coloco o copo".

```

Figura 4.17: Transcrição em glossas verbo "colocar"

Fonte: (Felipe, 2006)

A Figura 4.18 apresenta a descrição lexical, onde "*loc*", refere-se ao parâmetro "localização", representando assim o locativo. Esse parâmetro descreve o ponto de articulação onde o sinal "mesa"foi articulado e também será o gramema, pois é onde o movimento do sinal "colocar"irá finalizar, fazendo a concordância de local (Felipe, 2006). Para estes verbos. Assim "*colocar*" é a parte fixa (lexema) e "*loc*", a parte grammatical (gramema), como neste caso em específico classificador "*objetoredondo*", é uma marca de concordância com o objeto, ou seja: se o objeto a ser colocado é redondo, a mão representará objeto redondo, se for um objeto quadrado, as mãos, terão a configuração para objeto retangular.

```

objetoredondocolocarloc V* (^ PRED) = 'colocar<(^SUBJ) (^OBJ-TH) (^ OBJ)>>'
(^ SUBJ PERS) = 1
(^ SUBJ NUM) = sg.

```

Figura 4.18: Descrição em LFG verbo "colocar"

Fonte: O Autor

A Figura 4.19 apresenta a codificação da preposição que é dotada de um valor PRED, segundo (Santos, 2014), o código sub-categoriza um quadro que indica que a preposição exige um objeto, que normalmente é um NP. Para diferenciar esta preposição das preposições não semânticas, deve ser codificada com o atributo PTYPE semântico.

```
(^ PRED) = 'loc<(^ OBJ)>'  

(^ PTYPe)=sem  

(^ PSEM)=loc
```

Figura 4.19: Descrição em LFG da preposição

Fonte: O Autor

Os elementos constitutivos dos verbos classificadores, podem ter a função sintática tanto de sujeito da oração, quanto de objeto direto, como objeto direto podem "aparecer" com verbos transitivos diretos ou como sujeito com verbos intransitivos. No entanto, em ambos, o parâmetro configuração de mão, representa o gramema. Na Figura 4.20 é possível observar que a codificação da entrada lexical no verbo andar o classificador "pessoa" assume a função sintática de sujeito.

```
pessoaandarV * (^ PRED)='andar<(^ SUBJ)>
```

Figura 4.20: Descrição em LFG verbo andar

Fonte: O Autor

A Figura 4.21 apresenta a descrição do classificador "objetoquadrado", que é um gramema e representa a flexão de gênero para objeto (Felipe, 2006), representado pelo parâmetro configuração de mão.

```
objetoquadradotamparV * (^ PRED)='tampar<(^ OBJ)>
```

Figura 4.21: Descrição em LFG do verbo "tampar"

Fonte: O Autor

4.4 MODELAGEM DO CADASTRO DE MORFEMAS

A Figura 4.22 apresenta a tela de cadastro dos morfemas, onde o usuário poderá escolher se o morfema a ser cadastrado é flexionante ou não, caso seja flexionante, seleciona que tipo de flexão quer cadastrar. A figura traz ainda o avatar que foi proposto por (Herbig, 2018).



Figura 4.22: Protótipo do Cadastro de Morfemas

Fonte: O Autor

5 PROVA DE CONCEITO

Este capítulo apresenta à prova de conceito das regras morfossintáticas descritas no capítulo anterior, o Lex-Libras, que acrescenta o módulo morfossintático ao CORE-SL e futura adição deste módulo à ferramenta de (Herbig, 2018). Para a descrição foi utilizado um *corpus* extraído de um gibi da Turma da Mônica: “Um Pequeno Grande Vilão”.

5.1 GERAÇÃO DAS UNIDADES MORFOSSINTÁTICAS A PARTIR DO GIBI DA TURMA DA MÔNICA

A escolha pelo gibi da Turma da Mônica se deu pela sua utilização em uma pesquisa realizada pela Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos (FENEIS), em parceria com o Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional (NILC) da Universidade de São Paulo (USP), descrito brevemente no capítulo 3. É interessante o uso desse material, pois propicia diversos olhares sobre um mesmo texto, que foi usado com finalidades específicas de acordo com o objeto de estudo de cada trabalho. Selecionou-se a princípio uma história – a de número 74 – a qual consiste de um panfleto instrutivo sobre cuidados que se deve ter para conter a disseminação da dengue.

Essa atividade foi feita em conjunto com 3 alunos de Mestrado e Doutorado, sob a supervisão da orientadora e co-orientadora. Assim, buscamos por sinais que representassem características que fossem intrínsecas para o foco de pesquisa de cada trabalho. No caso do Lex-Libras, os sinais mais interessantes seriam os que contivessem flexão, para que pudessem ser descritos e gerados como lexemas e gramemas.

Dessa forma, foram selecionados 8 sinais, que já foram trabalhados em (Herbig, 2018) e em (Iatskiu, 2019). A História contém 08 sentenças originalmente transcritas e analisadas a partir do sistema de transcrição em glossas de (Felipe, 1998a), para o Lex-Libras, a co-orientadora refaz a transcrição do corpus em seu sistema de glosas, (Felipe, 1986), (Felipe, 1998a) e (Felipe, 1998b). O sistema de glosas, é um sistema de transcrição que procura descrever aspectos morfossintático-discursivos de uma língua de modalidade gestual-visual, de forma a dentre outras coisas torná-la comprehensível para os leitores que não tivessem conhecimento de uma língua de sinais (Felipe, 2014).

Um fator importante a ser destacado aqui é a participação da Profa Tanya Felipe, que em todo processo, trabalhou conjuntamente para a elaboração dessas regras. As figuras 5.1 e 5.2 apresentam as oito sentenças do corpus escrito em Português do Brasil, na cor preta e transscrito no sistema de transcrição de (Felipe, 1998a) na cor azul.

<p>1. Vamos combater a dengue!</p> <p>Dengue imperativo MOSQUITO VIR 1pVENCER₂₅</p>
<p>2. O mosquito da dengue nasce e se desenvolve em água parada!</p> <p>ÁGUA LARGAD@ MOSQUITO SURGIR DESENVOLVER</p>
<p>3. Por isso temos que manter a caixa d'agua fechada!</p> <p>ENTÃO POR-ISSO CAIXA PRECISAR obj-plano-vertical TAMPAR</p>
<p>4. Tomar cuidado com vasos....garrafas....latas...pneus velhos!</p> <p>CUIDADO OBJETO-ARREDONDADO-LONGO FLOR MARCADOR-1 VIDRO^OBJETO-CILÍNDRICO-ALONGADO MARCADOR-2 FERRO^OBJETO-MÉDIO MARCADOR-3 borracha^COISA- CIRCULAR VELH@</p>

Figura 5.1: Trecho 1 do corpus

Fonte: Transcrição feita de Felipe (2014) por Tanya Felipe

<p style="text-align: right;">muito imperativo</p> <p>JOELHO COTOVELO DOER M-A-L CORPO-TODO PROCURAR₂₅ MÉDICO.</p>
<p>5. Todo que acumule água</p> <p>TUDO ÁGUA DENTRO.</p>
<p>6. Se você tiver febre alta, dores musculares, de cabeça, nos joelhos, cotovelos e mal estar em geral...procure serviços médicos</p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">muito muito muito</p> <p>S-I VOCÊ FEBRE ALT@ MÚSCULO-BRAÇO DOER CABEÇA^DOR</p> <p style="text-align: center;">muito imperativo</p> <p>JOELHO COTOVELO DOER M-A-L CORPO-TODO PROCURAR₂₅ MÉDICO.</p>
<p>7. Falei que água é um perigo!</p> <p>FALAR JÁ ÁGUA PERIGOS@!</p>
<p>8. Água parada cascão! Água parada!</p> <p>SÓ ÁGUA LARGAD@! ÁGUA LARGAD@!</p>

Figura 5.2: Trecho 2 do corpus

Transcrição feita de Felipe (2014) por Tanya Felipe

A seguir são apresentadas as descrições do Lex-Libras para os sinais selecionados para o experimento.

5.1.1 Verbos com flexão para gênero sinal objplano-vertical-TAMPAR

A Figura 5.3 apresenta trechos da codificação do gramema do sinal extraído da frase 3, conforme (Felipe, 2002) o parâmetro configuração de mãos é que contém a parte gramatical, o atributo **configuração-mao não-dominante**, que contém o valor "61" descreve este parâmetro, o atributo **gênero** que contem o valor *inanimado*, que faz a marcação da concordância de gênero, e o parâmetro *glossa* contém o valor *objeto-quadrado*, servindo de identificação para o gramema.

	<pre> "Lex-Libras": { "gramen": { "identificacao": "“<u>objetoquadrado</u>”", "categorias": { "cat-morf": "gramema", "cat-gram": "“<u>inanimado</u>”" }, "class": "“<u>inanimado</u>”", "tipo": "“<u>objeto</u>”" } "configuracao-mao-dominante": "“<u>61</u>”", "configuracao-mao-nao-dominante": "“<u>61</u>”", "caso": { "sintatico": "“<u></u>”", "semantico": "“<u></u>”" } } </pre>
---	---

Figura 5.3: Codificação do gramema do verbo tampar

Fonte: O autor

Assim, CAIXA (locativo) é o objeto direto dessa frase, cujo verbo é um verbo classificador¹ porque junto à sua raiz verbal há um gramema de concordância de gênero, "tampa", que faz contato com o sinal CAIXA que é semanticamente, um objeto quadrado. Desse modo, a configuração da mão direita desse sinal é um classificador, preso à raiz verbal "TAMPAR", e isto é uma marca de concordância de gênero com o objeto direto CAIXA.

A Figura 5.4 apresenta um trecho do lexema deste verbo. Os verbos com flexão de gênero, possuem propriedades anafóricas no discurso (Felipe, 2002), por isso é importante para as futuras implementações computacionais esta identificação, esta configuração de mão-dominante, de número "63", é que faz a referencia a um sinal que já foi sinalizado no discurso, neste caso ao item lexical "CAIXA". Se tivesse sido sinalizado algum tipo de objeto redondo, algo como "PANELA", a configuração desta mão mudaria, para fazer a concordância com este referente do discurso.

¹Em (Felipe, 2002), a pesquisadora apresentou um estudo sobre a flexão de gênero, disponível em <https://www.periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/803/818>

<p>Lexema em Json</p> <pre>{ "Core-SL": { "Lex-Libras": { "glossa": "tampar", "catmorf": "verbo", "tipo": "transitivo indireto", "suspensao": { "sequencia": "um", "relacao-maos": "nenhuma" } } } }</pre>	<p>Lexema em Json</p> <pre>... "mao-dominante": { orientacao-mao": "vertical", orientacao-palma": "direita", orientacao-dedos": "frente" }, ... "locacao": { lado-corpo": "mao-dominante", proximidade": "medial" }, ... "movimento-deslocamento": { contorno": "arco", interacao": "aproximacao", contato-mov": "toque", contato-local": "mao passiva" }, ... "direcionalidade": { unidirecional": "para direita e para cima (diagonal)" }, ... "movimento-local": { antebraço-mov": "girar para a direita", mao-mov": "girar para a direita" }</pre>
---	---

Figura 5.4: Codificação do verbo com flexão de gênero
Fonte: O autor

A partir dessa codificação, passível de representação computacional, começa a ser traçado a ligação fono-morfo-sintático-discursivo, pois, o que era fonologicamente apenas uma *configuração de mão*, passa ser uma unidade com significado, portanto, um *gramema* a nível morfológico e assume a função sintática de objeto-direto, daí o termo morfossintaxe, mas como essa possibilidade morfossintática se concretiza no discurso, através de um componente dessa possibilidade gramatical em um contexto específico, é a partir do discurso, ou seja, do contexto, que essa construção, enquanto possibilidade gramatical, se concretiza.

5.1.2 Verbos com flexão para o locativo:

A Figura 5.5 apresenta um trecho da codificação em JSON da estrutura lexical do lexema do sinal "MUSCULO-BRACO DOER" da frase número 6. É possível notar a codificação da expressão não-manual, que descreve um morfema adverbial.

	<pre> expressao-nao-manual: { especifica: " ", "tipo": " morfema-adverbial " "rosto": { "parte-superior": "Sombrancelhas e testa franzidas, olhos, cerrados", "parte-inferior" : " franzir nariz" } } </pre>
<p>"Lex-Libras"</p> <pre> "lexloc":{ "glossa": "doer", "catmor": "verbo", "tipo" : "transitivo" "direto" "suspensao": { "sequencia": "um", "relacao-maos": "nenhuma", "configuracao-mao-dominante": "54"{ "orientacao": { "orientacao-mao": "vertical", "orientacao-palma": "para traz", "orientacao-dedos": "esquerda" } "espaco-loc": { "proximidade": "medial" } } } } </pre>	<pre> "movimento-deslocamento": { "contorno": "reto", "velocidade": "normal" "bidirecional": "para baixo, para cima" } "movimento-local" "antebraco-mov": "girar horario e anti-horario" </pre>

Figura 5.5: Codificação do lexema do verbo doer

Fonte: O autor

A Figura 5.6 apresenta a estrutura da enm, com destaque para a codificação da função de morfema adverbial, que de acordo com (Felipe, 2013) pode ser um morfema complexo, realizado através de articuladores, para a marca adjetiva, adverbial, pronominal, interjeições, marca de aspecto e tempo verbal e grau em adjetivos.

	<pre> ... "expressao-nao-manual":{ "sequencia": "dois", "especifica": " ", "tipo": "morfema-adverbial" "rosto": { "parte-superior": "testa franzida e olhos cerrados", "parte-inferior" : " mostrando os dentes", "cabeca-exp": "inclinação para a frente", "tronco-exp": "para a frente", "categorias": { "cat-morf": "lexema", "cat-gram": "adverbio" } } } </pre>
--	--

Figura 5.6: Codificação da ENM do sinal "musculo-braço"

Fonte: O autor

5.1.3 Verbos com flexão para a pessoa do discurso:

A Figura 5.7 apresenta o verbo com flexão para pessoa do discurso, que segundo (Felipe, 2007) faz a marcação das pessoas do discurso (sujeito e objeto) através da direcionalidade, com movimentos retilíneos ou semicirculares. Isto faz com que a raiz verbal se inverta ou até adquira uma forma em arco para flexionar em relação às pessoas do discurso.



1sFALAR3s

Figura 5.7: Verbo com flexão para a pessoa do discurso

Fonte: Arquivos Tanya Felipe

A Figura 5.8 apresenta a codificação em JSON do gramema do verbo "FALAR" retirado da frase 7. De acordo com (Felipe, 2002) a direcionalidade destes verbos é responsável por marcar as pessoas do discurso (sujeito e objeto), baseado nisso o Lex-Libras descreve o atributo "*direcionalidade*", que contém o valor "*para a frente em direção ao interlocutor*". Os atributos "*inicio*" e "*fim*", que contém os valores "*proximal*" e "*distal*" respectivamente, são os responsáveis por fazer a marcação do início e fim do movimento do verbo e, segundo (Felipe, 1998a,b), refletem os casos semântico e sintático do verbo.

O valor "*1s*" descrito no atributo "*pessoa*" significa que o verbo está na primeira pessoa do singular. Possui o caso semântico "*agente*"² e o caso sintático "*sujeito*", já para o valor "*3s*" o caso semântico é descrito pelo valor "*paciente*"³ e o caso sintático pelo valor "*Obj1(objeto-direto)*", assim no nível morfossintático o ponto de articulação do movimento passam a funcionar também como marcadores do sujeito e do objeto do verbo em questão.

²o agente é quem realiza a ação verbal

³O paciente é quem sofre a ação

```
{
  "Core-SL": {
    "Lex-Libras": {
      "grampd": {
        "direcionalidade": "para frente em direção ao interlocutor",
        "glossa": "1s3s",
        "proximidade": {
          "inicio": "proximal",
          "fim": "distal"
        },
        "pessoa": "1s",
        "Caso": {
          "Semântico": "ag",
          "Sintático": "sujeito",
        }
      },
      "pessoa": "3s",
      "Caso": {
        "Semântico": "paciente",
        "Sintático": "obj-1(objeto direto)",
      }
    }
  }
}
```

Figura 5.8: Descrição em JSON do verbo "falar"

5.1.4 Resultados e discussões

Como resultados principais, que são aqueles relacionados diretamente com os objetivos propostos no capítulo 1, o Lex-Libras apresentou:

a) Um modelo conceitual em formato de árvore para a representação passível de implementação computacional, do nível morfossintático da Libras. Destaca-se a adição de propriedades e conhecimento linguístico-computacionais necessários para a construção, a representação e processamento computacional do código linguístico da Libras, que por hipótese já testada para o modelo fonológico pelo CORE-SL são universais no que se refere as línguas de sinais, embora possam variar com relação às configurações de mãos e regras fonológicas específicas para cada língua, como acontecem também com as línguas orais-auditivas que são descritas através do alfabeto fonético internacional, apesar de cada língua fazer uso de fonemas específicos dentro dessa possibilidade;

b) Um modelo formal descrito em EBNF, que descreve as regras para construção do modelo morfossintático da Libras, dando assim a possibilidade da codificação computacional deste nível da língua;

c) O estudo de caso do nível morfossintático da Libras;

d) Uma proposta inicial de integração do Lex-Libras à ferramenta de (Herbig, 2018), com vistas a futura geração dos morfemas pelo Avatar Inteligente;

e) A descrição do nível lexical da Libras, usando o ambiente XLE, uma ferramenta da Linguística Computacional;

f) A futura integração deste trabalho com a ferramenta de (Herbig, 2018) também resultará como insumo para o ambiente de aprendizagem em andamento HCI-SL-LVE de (Ferreira, 2019).

g) O Lex-Libras testou que é verdadeira a hipótese levantada pelo CORE-SL Antunes (2015) de que é possível a geração dos morfemas através dos parâmetros fonológicos;

No capítulo 4 foi mostrado no modelo conceitual, que os sinais que não sofrem flexão recebem apenas o rótulo referente a classe gramatical a que pertencem, de forma que o foco principal desta pesquisa foi identificar que os sinais podem ser percebidos como morfemas lexicais e gramaticais. Daí procurou-se modelar isto para então apresentar a codificação.

O Lex-Libras apresentou, a partir dos níveis conceitual e formal (Antunes, 2015), um modelo capaz de ser tratado computacionalmente para o nível morfossintático da Libras e uma

proposta de futura adição do módulo morfossintático à ferramenta de descrição de sinais proposta por (Herbig, 2018), para a geração dos morfemas pelo avatar inteligente. Apesar da estratégia de "recorte" do corpus como um protótipo, as regras são genéricas e capazes de representar os verbos que possuem flexão em Libras, estratégia inovadora para o processamento computacional da Libras. Além disso o processamento morfológico de verbos classificadores e proposta de ligação fono-morfo-sintático-discursivo, também se apresentam com caráter de inovação, pois usou-se de uma abordagem *bottom-up* construindo os sinais desde seus níveis mais baixos.

A hipótese de geração do nível morfossintático a partir do modelo fonológico de sistema de transcrição que foi descrito no CORE-SL é verdadeira. A descrição lexical apresentada em LFG, apesar de ser um estudo "embrionário", foi utilizada para que nas próximas etapas da pesquisa, seja então estendido para o nível da sentença. E partindo disto seja possível fazer um "*parser*" sintático para gerar as sentenças em Libras com os seus respectivos constituintes, fazendo assim a integração fono-morfo-sintático-discursivo.

Assim, a pesquisa teve com foco principal definir um modelo conceitual e formal capaz de representar o nível morfossintático da Libras. Além disso, servirá de entrada para o avatar inteligente. Além disso o sistema de transcrição do Lex-Libras pode ser usado para a geração das sentenças em Libras por este mesmo avatar. O protótipo do cadastro de morfemas foi criado para a futura integração com a ferramenta de (Herbig, 2018), assim o desenvolvimento de uma aplicação não era o foco principal da pesquisa, pois já existem duas ferramentas similares: uma da dissertação de Herbig e outra de (Antunes, 2011).

Apesar do exposto, o Lex-Libras ainda não realiza a ligação do nível fonológico com o morfológico-sintático a partir da realização da frase pelo avatar proposto por (Herbig, 2018), isto se deve ao fato de não termos tido acesso ao software elaborado para a produção do avatar. Outra limitação é que a descrição do *minicorpus* foi construída a partir de fenômenos linguísticos e não de critérios computacionais;

Além dos impactos desta pesquisa já citados, os sinais gerados pelo sistema de transcrição do Lex-Libras também poderão ser usados como entrada para jogos e aplicativos educacionais que venham a ser desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa IHC-UFPR para a arquitetura HCI-SL.

6 CONCLUSÃO

O Grupo de pesquisa IHC-UFPR, por meio de seus pesquisadores, têm desenvolvido diversos trabalhos voltados para as comunidades surdas. A partir deste contato, o grupo obteve um olhar mais apurado das reais necessidades destas comunidades em relação à educação, comunicação e interação com sistemas computacionais, com o desenvolvimento de artefatos computacionais, que possibilitam um olhar diferente para os surdos, e passa a vê-los como comunidades linguísticas que possuem suas línguas de sinais, culturas e identidades.

O desenvolvimento desta dissertação teve como um dos seus "motores de partida" a contribuição para a equidade educacional das diversas comunidades surdas do Brasil, através de ferramentas ou recursos computacionais que permitam a interação o mais próximo possível aos surdos, no caso em sua primeira língua, L1, a Libras.

Visando contribuir com o HCI-SL e o CORE-SL, observou-se que era necessário um sistema de transcrição que fosse capaz de gerar as unidades morfossintáticas da Libras a partir do modelo fonológico de (Antunes, 2015). Esta foi a hipótese confirmada por esta dissertação, prevista inicialmente no CORE-SL.

Para que isto fosse possível, foi necessário compreender como ocorre o processo de formação do sinal, e como os cinco parâmetros formam os itens lexicais dessa língua. Assim percebeu-se que a Libras é uma língua classificadora (Felipe, 2002) e flexionante (Felipe, 2006), assim os itens lexicais foram percebidos como lexemas e gramemas.

A modelagem foi feita em formato de árvore, seguindo as recomendações para o nível conceitual descritas no CORE-SL. O modelo fonológico de (Antunes, 2015) foi a base para a materialização do nível morfossintático - Lex-Libras. A partir do nível fonológico foi possível decodificar os parâmetros para descrever, conceituar, formalizar e codificar para finalmente ser possível o tratamento computacional, oferecendo assim entradas para o avatar inteligente.

Com o objetivo de verificar se a estrutura proposta refletia o nível morfológico da Libras, foram feitas reuniões com a co-orientadora, que é linguista-computacional. Após os ajustes solicitados, a pesquisa passou para a fase do estudo dos formalismos gramaticais, para descrição do nível lexical foi usada uma gramática baseada no léxico, a LFG (Bresnan, 1989).

No que se refere a um formalismo capaz de organizar os cinco parâmetros, usou-se a gramática livre de contexto, através de uma EBNF também previsto pelo CORE-SL (Antunes, 2015). Além disso, a maioria dos trabalhos e os próprios estudos de IA nos cursos de Computação ainda utilizam arcabouço.

Como contribuições, o Lex-Libras apresenta: uma descrição lexical de alguns sinais do *corpus*, usando o formalismo LFG de carácter inovador para uma língua gestual-visual, que permite vislumbrar a concatenação dos lexemas com os gramemas. E também pode ser usada para "elevar" a descrição para os níveis mais altos da língua. A partir disto é possível observar o processo de concatenação destes "pedaços de palavras", para assim implementar os algoritmos computacionais.

A modelagem conceitual em formato de árvore, foi definida para representar o nível morfossintático que ainda não possuía uma proposta passível de implementação computacional. Assim o fenômeno da flexão verbal de gênero, pessoa do discurso e locativo foi representada pelo Lex-Libras. A descrição destes sinais em forma de um lexema formante e de um gramema, marca de concordância com o sujeito, objeto ou adjunto adverbial do lugar - locativo conforme o verbo flexiona, isto deve fornecer entradas mais adequadas para o nível da sentença.

Além disso, o Lex-Libras apresenta uma descrição das expressões não-manauais do nível morfológico, este parâmetro pode assumir a categoria morfológica de adjetivo ou advérbio, além da dêixis. Assim o Lex-Libras pode ser usado como entrada para uma nova estratégia de tradução automática de Libras, através de um “*avatar inteligente*”, esse termo, refere-se a um avatar que não seja apenas uma animação gráfica computadorizada, mas uma materialização de IA que internaliza as regras fono-morfo-sintático-semântico-discursivas e produz enunciados gramaticais nesse processo de tradução automática.

As regras propostas pelo Lex-Libras devem permitir ao Avatar a construção de sentenças mais próximas ao contexto dos falantes. As regras podem ser usadas para sistemas de tradução automática e/ou semiautomática para o ensino de Libras – Português e/ou Português-Libras. Além disso, o Lex-Libras também já apresenta o "pontapé inicial" para a formalização do nível sintático, pois traz uma abordagem sintática e semântica para os verbos, com descrição de papéis temáticos. Isto pode ser usado para fazer a integração fono-morfo-sintático-semântico-discursivo da língua.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Ainda no contexto do HCI-SL e do CORE-SL, com o foco voltado para o funcionamento do avatar inteligente, as futuras pesquisas devem ser voltadas para o nível sintático-discursivo da língua, ou seja, uma representação formal que considera o nível das sentenças em enunciados no contexto de uso.

Por último, contudo não menos importante, espera-se que após os esforços dispensados para a construção e da defesa da presente dissertação, idealmente em uma tese de doutorado, seja possível a integração com ferramenta desenvolvida por (Herbig, 2018). Os próximos passos serão a descrição do nível sintático-discursivo da Libras, a definição do vocabulário do Lex-Libras que será usado para fazer a tradução do Português do Brasil para Libras para, então, poder gerar as sentenças. Além disso outros aspectos computacionais, linguísticos e formais devem ser estudados com mais profundidade.

REFERÊNCIAS

- Alencar, L. F. d. (2004). Complementos verbais oracionais em Português - uma análise léxico-funcional (Clausal verb complements in Portuguese - a lexical-functional analysis). *Lingua (gem)*, 1(1):173–218.
- Alencar, L. F. d. e Othero, G. A. (2012). *Línguas formais, gramáticas e autômatos no processamento automático das palavras*. 1 ed. Campinas: Mercado de Letras.
- Amaral, W. M. (2012). *Sistema de Transcrição da Língua Brasileira de Sinais Voltado a Produção de Conteúdo Sinalizado por Avatares 3D*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP.
- Antunes, D. (2011). Um modelo de descrição computacional da fonologia da língua de sinais brasileira. Dissertação de Mestrado, Programa de Pos-Graduação em Informática, Curitiba- PR.
- Antunes, D. (2015). *Proposta de um Modelo Computacional para Representação de Sinais em uma Arquitetura de Serviços HCI-SL para Língua de Sinais*. Tese de doutorado, Programa de Pos-Graduação em Informática do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Araújo, T. M. U. d. (2012). *Uma Solução para Geração Automática de Trilhas em Língua Brasileira de Sinais em Conteúdos Multimídia*. Tese de doutorado, Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, Rio Grande do Norte, Natal.
- Bloomfield, L. (1933). *Language*. New York, Holt, Rinehart, Winston.
- Bolshakov, I. A. e Gelbukh, A. (2004). *Computational Linguistics: Models, Resources, Applications*. Mexico City.
- Börjars, K. e Vincent, N. (2017). Lexical-functional grammar. *The Cambridge Handbook of Historical Syntax*, páginas 642–663.
- Bresnan, J. (1977). Variables in the theory of transformations. Em Culicover, P. W., Wasow, T. e Akmajian, A., editores, *Formal Syntax*, páginas 157–196. Academic Press, New York.
- Bresnan, J. (1989). The syntactic projection problem and the comparative syntax of locative inversion. *Journal of Information Science and Engineering*, 5(4):287–303. Special issue, Republic of China Computational Linguistics Workshops II 1989, Institute of Information Science, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, Republic of China.
- Bresnan, J. (1991). Locative case vs. locative gender. Em *Proceedings of BLS*, volume 17, páginas 53–68.
- De Martino, J. M., Silva, I. R., Bolognini, C. Z., Costa, P. D. P., Kumada, K. M. O., Coradine, L. C., Brito, P. H. S., do Amaral, W. M., Benetti, Â. B., Poeta, E. T., Angare, L. M. G., Ferreira, C. M. e De Conti, D. F. (2017). Signing avatars: making education more inclusive. *Universal Access in the Information Society*, 16(3):793–808.

- Di Felippo, A. (2004). Representação lingüístico-computacional dos adjetivos valenciais do português. Dissertação de Mestrado, PFFaculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Araraquara, Araraquara - SP.
- Felipe, T. (1986). O signo gestual-visual e sua estrutura frasal na língua de sinais dos centros urbanos brasileiros (lscb). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Letras, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE - Recife, Recife - PE.
- Felipe, T. (1998a). *A Relação Sintático-Semântica dos Verbos Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). Vol I.* Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.
- Felipe, T. (1998b). *A Relação Sintático-Semântica dos Verbos Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). Vol II.* Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.
- Felipe, T. (2002). Sistema de flexão verbal na libras: Os classificadores enquanto marcadores de flexão de gênero. *Anais do Congresso Surdez e Pós-Modernidade: Novos rumos para a educação brasileira*, páginas 37–58.
- Felipe, T. (2003). Projeto Tradutor Libras. Relatório técnico, FENEIS - Federação Nacional de Educação e Integração dos Surdos.
- Felipe, T. (2006). O processo de formação de palavras na libras. *ETD – Educação Temática Digital, Campinas, url=https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/803*, páginas 199–216.
- Felipe, T. (2007). Descrição da língua de sinais: desafios teóricos e práticos 1.
- Felipe, T. (2013). O discurso verbo-visual na língua brasileira de sinais – Libras / The verbal-visual discourse in Brazilian Sign Language – Libras. *Bakhtiniana. Revista de Estudos do Discurso, url=http://ref.scielo.org/cjh56s*, 8(2):67–89.
- Felipe, T. (2014). *Banco de Dados e Sistemas de Transcrição para as Línguas de Sinais, Instrumentos Linguísticos: usos e atualizações*, Orgs: Balbas and A. Caldas, páginas 155–188. Cartolina Editora.
- Ferreira, M. (2019). *HCI-SL-LVE: Um ambiente virtual de apoio ao letramento de crianças surdas mediado pela Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS*. Tese de doutorado, Programa de Pos-Graduação em Informática do Setor de Ciencias Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Ferreira Brito, L. (1984). Similarities differences in two brazilian sign languages.sign language studies. *Linstok press Inc. Silver Spring*, 42:42–45.
- Garcia, L. S., Guimarães, C., Antunes, D. R. e Fernandes, S. (2013). HCI architecture for deaf communities cultural inclusion and citizenship. *ICEIS 2013 - Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems*, 3(October 2017):126–133.
- Gazdik, A. e Komlósy, A. (2011). On the Syntax-Discourse Interface in Hungarian. *Proceedings of the LFG11 Conference*.

- Herbig, G. R. (2018). Core-sl-sign register: Ferramenta computacional para a especificação de sinais da libras. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Informática, setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- HJELMSLEV, L. (1956). *Animado e Inanimado, Pessoal e Não-pessoal. L. Hjelmslev. Ensaios Lingüísticos.* Trad. Antônio de Pádua Danesi. São Paulo: Debates - Ed. Perspectiva, 1991.
- I. Meir, C. Padden, M. A. e. W. S. (2007). Body as subject. *Journal of Linguistics*, 43:531–63.
- Iatskiu, C. (2019). *Core-SL-SW-generator: gerador automático da escrita da libras a partir de um modelo de especificação formal dos sinais.* Tese de doutorado, Programa de Pos-Graduação em Informática do Setor de Ciencias Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR.
- Karnopp, L. B. (1994). Aquisição do parâmetro configuração de mão na língua brasileira dos sinais (libras): estudo sobre quatro crianças surdas, filhas de pais surdos. Dissertação de Mestrado, Dissertação de Mestrado PUC RS, Porto Alegre - RS.
- Lima, M. A. C. B. (2015). Tradução automática com adequação sintático-semântica para libras. Dissertação de Mestrado, Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB.
- Martins, R., Pelizzoni, J., Hasegawa, R. e Filosofia, F. D. (2005). PULO - Para um sistema de tradução semi-automática português-libras português-libras. *Congresso Da Sociedade Brasileira De Computação*, páginas 2148–2157.
- Mycock, L. e Lowe, J. J. (2013). The prosodic marking of discourse functions. *LFG conference*.
- Othero, G. A. d. (2009). *A gramática da Frase em Português: algumas reflexões para a formalização da estrutura frasal em português.* EdiPUCRS.
- Quadros, R. (1995). As categorias vazias pronominais: uma análise alternativa com base na libras e reflexos no processo de aquisição. Dissertação de Mestrado, Dissertação de Mestrado PUC RS, Porto Alegre - RS.
- Rosas, J. L. G. (2011). *Fundamentos da Inteligência Artificial.* Rio de Janeiro: LTC.
- Russel, S. J. and Norvig, P. (2004). *Inteligência Artificial. Un Enfoque Moderno.* Pearson Educación.
- Santos, A. F. d. (2014). *Uma gramática LFG-XLE para a análise sintática profunda do português.* Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, Centro de Humanidades, Departamento de Letras Vernáculas, Programa de Pós-Graduação em Linguística, Fortaleza - CE.
- Volpe, G., Hasegawa, R. e Carlos, S. (2003). Projeto pul . Relatório técnico, Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional - NILC.

APÊNDICE A – FORMALIZAÇÃO DAS REGRAS

CORE-SL

core_si= (componente_fonetico, componente_morfologico);
componente_fonetico= identifier, sign;

REGRAS MORFOLÓGICAS

componente_morfologico= lex_libras;
lex_libras = morfema;

MORFEMA

morfema= (flex| inflex|enm),susensao,categorias, identificacao,caso;
inflex= sinal;
susensao = seq,rel_mao;

CATEGORIAS

categorias = cat_morf | cat_gram;
cat_morf = “n (substantivo ou nome)” | “v (verbo)” | “adv (advérbio)” |
 “adj (adjetivo)” | “prep (preposição)” | “num (numeral)” | “conj (conjunção)” |
 “int”(interjeição) | “pron (pronomes)”;
cat_gram = “lexema” | “gramema”;
rel_mao = “simétrica” | “assimétrica”;

CASO

caso = sintatico | semantico
sintatico = “ag (agente)” | “exp (experiência)” | “ben (beneficente)” | “pac(paciente)” |
 “loc (locativo)” | “tema” | “origem” | “meta”;
semantico = “suj (sujeito)” | “obj-1(objeto direto)” | “obj2 (objeto indireto)”;

FLEX

flex= (lexema),(gramema);

LEXEMA

lexema = (configuracao_de_mao, movimento, localizacao, orientacao);

movimento = local | deslocamento;

GRAMEMA

gramema= grampd | gramgen | gramloc;

GRAMEMA DOS VERBOS FLEXÃO PESSOA DO DISCURSO

grampd= (direcionalidade, proximidade, pessoa)

direcionalidade = “em direção ao locutor em linha reta” | “em direção ao locutor em arco 45° a esquerda” | “em direção ao locutor em arco 45° a direita” | “do interlocutor – locutor” | “outro ponto ‘negociado pelos falantes’”;

proximidade = inicio | fim;

inicio = “proximal” | “medial” |“distal” | “longitudinal”;

fim= “proximal” | “medial” |“distal” | “longitudinal”;

pessoa = “ 1s (1^a pessoa do singular” | “ 2s (2^a pessoa do singular” | “ 3s (3^a pessoa do singular” | “ 1p (1^a pessoa do plural” | “ 2p (1^a pessoa do plural” | “ 3p (1^a pessoa do plural)” ;

GRAMEMA DOS VERBOS COM FLEXÃO DE GÊNERO

gramgen = (configuracao-mao, class;)

configuracao_de_mao = md | me

md = “1” | “2” | “8a”|“13”| “14” | “31” | “32” | “42” |“49” | “51a”| “59a” |”61”| “62” ;

me = “1” | “2” | “8a”|“13”| “14” | “31” | “32” | “42” |“49” | “51a”| “59a” |”61”| “62” ;

class = animado | inanimado;

animado = “pessoa”| “animal” ;

inanimado = “objeto” | “veiculo” ;

GRAMEMA VERBOS COM FLEXÃO PARA O LOCATIVO

gramloc = concloc

concloc = localizacao | acao

acao = “apontar” | “tocar” | “circundar” | “apertar”; ;

localizacao = (proximidade, deslocamento_ipsilateral, localizacao_central)

proximidade = “proximal” | “medial” | “distal” | “estendido”

deslocamento_ipsilateral = “paralelo a linha medial” | “paralelo ao peito” | paralelo ao ombro;

localizacao_central = “cabeça (topo)” | “testa” | “testa (lateral)” | “olhos” | “nariz” | “boca” | “queixo” | “esterno” | “tronco” | “pescoço” | “abdômen” | “peito” | “ombros” | “cintura” | “estômago” | “pernas” | “braços” | “músculos braço” | ;

ENM

expressao_nao_manual = tipo, específica (rosto,cabeca-esp) | tronco-esp;

tipo = "morfema-adjetivo" | morfema-adverbial" | "dêixis" | "morfema grau de adjetivo"

especifica = "tristeza" | "alegria" | "felicidade" | "sorrindo" | "brava" | "dúvida" | "indiferença" | "desconforto" | "afetiva (chorar de emoção)" | " afetiva (chorar de tristeza)" | " afetiva" | " choro" | " raiva" | " interrogativa" | "confirmação (sim)" | " confirmação (não)" | " afirmativa" | "exclamativa" | " negativa" | " assentimento" | " decepção" | "preocupação" | " medo;

IDENTIFICAÇÃO

identificacao = (caractere | inteiro)+

caractere = [a-Z]; **inteiro** = [0-9];

A.1 CLASSE EM JAVA PARA FUTURA INTEGRAÇÃO À FERRAMENTA CORE-SL SR

Para a prova de conceito desta dissertação, foram criadas os arquivos "**morfema.class**" e "**lexema.class**" com o intuito de uma futura integração a ferramenta de (Herbig, 2018) e, consequentemente, ao ambiente de cadastro dos morfemas com o avatar inteligente. A linguagem escolhida foi Java, que é um tipo de linguagem de programação com regras de sintaxe e estruturas próprias, e pertence ao paradigma de programação de Orientação a Objetos. A escolha deu-se pela intenção de junção do Lex-Libras a ferramente supra-mencionada, criada em Java.

O trecho de código logo abaixo descreve a criação do morfema, elemento raiz do Lex-Libras.

```
//  
// Decompiled by Procyon v0.5.36  
  
package br.dissertacao.antonio.application.model;  
  
import javax.persistence.OneToOne;  
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnore;  
import javax.persistence.GenerationType;  
import javax.persistence.GeneratedValue;  
import javax.persistence.Id;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlAccessType;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlAccessorType;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlRootElement;  
import javax.persistence.Entity;  
import java.io.Serializable;  
  
@Entity  
@XmlRootElement(name = "morfema")  
@XmlAccessorType(XmlAccessType.FIELD)  
public class Morfema implements Serializable  
{  
    private static final long serialVersionUID = 1L;  
    @Id  
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)  
    @JsonIgnore  
    public long id;  
    @OneToOne  
    public Morfema morfema;  
    @OneToOne  
    public Flex flex;  
    @OneToOne  
    public Inflex inflex;  
    @OneToOne  
    public Enm enm;  
    @OneToOne  
    public Suspensao suspensao;  
    @OneToOne  
    public Categoria categoria;  
    @OneToOne  
    public Glossa glossa;
```

O trecho de código abaixo é do arquivo "**lexema.class**", o qual codifica a definição dada ao elemento lexema.

```
//  
// Decompiled by Procyon v0.5.36  
//  
  
package br.dissertacao.antonio.application.model;  
  
import javax.persistence.OneToOne;  
import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnore;  
import javax.persistence.GenerationType;  
import javax.persistence.GeneratedValue;  
import javax.persistence.Id;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlAccessType;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlAccessorType;  
import javax.xml.bind.annotation.XmlRootElement;  
import javax.persistence.Entity;  
import java.io.Serializable;  
  
@Entity  
@XmlRootElement(name = "lexema")  
@XmlAccessorType(XmlAccessType.FIELD)  
public class Lexema implements Serializable  
{  
    private static final long serialVersionUID = 1L;  
    @Id  
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)  
    @JsonIgnore  
    public long id;  
    int seq;  
    @OneToOne  
    public LexPD lexPD;  
    @OneToOne  
    public LexGen lexGen;  
    @OneToOne  
    public LexLoc lexLoc;
```

A.2 AUTORIZAÇÃO PARA USO ACADÊMICO DO PARSER XLE/LFG

NON-COMMERCIAL XLE SOFTWARE LICENSE

This Agreement is made between Palo Research Center Incorporated having an address at 3333 Coyote Hill Road, Palo Alto, CA 94304 ("PARC") and ANTONIO MARCUS C. SILVA having an address at CHAPADA ST, 222 PR - 01421 ("Licensee").

DEFINITIONS.

- (a) "Licensed Software" means PARC owned software provided by PARC to Licensee in source code or object code format, together with any Documentation, which is currently provided under the name XLE, and PARC created improvements, enhancements, additions, updates, releases and versions thereof which PARC may elect in its sole discretion to provide to Licensee at any time during the term of this Agreement.
- (b) "Other Licensee Improvements" means enhancements, additions and modifications to, and derivative works of, Licensed Software that have been licensed to PARC and other PARC licensees licensed under terms and conditions substantially similar to the terms and conditions of this Agreement ("Other Licensees"). A list of Other Licensees is maintained by PARC and can be found at <http://www2.parc.com/isl/groups/nitt/xle/licensees.html>.
- (c) "Licensee Improvements" means enhancements, additions and modifications to, and derivative works of, Licensed Software or Other Licensee Improvements which are created or developed by Licensee.
- (d) "Licensee Applications" means software created or developed by Licensee to operate using Licensed Software / Licensee Improvements /Other Licensee Improvements that does not incorporate in whole or in part any portion of Licensed Software / Licensee Improvements.
- (e) "Documentation" means all written text, graphics, video, audio or other means for conveyance of information, including but not limited to manuals, brochures, specifications and software descriptions, in electronic or printed form, and related materials provided by PARC to Licensee for use with Licensed Software.
- (f) "Non-Commercial Purposes" means use other than for commercial purposes or financial gain of any kind. For purposes of this Agreement, financial gain includes without limitation any revenue, compensation or other benefit generated by consulting, sale or licensing activity, improvement or furtherance of fabrication or manufacturing processes, improvement or furtherance of materials design, or the improvement or furtherance of product design, whether or not such financial gain is accrued by Licensee, on behalf of Licensee, or by any sponsor of Licensee.
- (g) "Territory" means within the confines of Licensee's facilities, the facilities of Licensee's affiliated companies, or Licensee's equipment.

2. LICENSED SOFTWARE.

- (a) Title to the Licensed Software resides at all times in PARC and/or its licensor(s).
- (b) During the term of this Agreement PARC grants Licensee, in the Territory, a royalty-free, fully paid up, non-exclusive, nontransferable license to (a) use, modify, maintain, reproduce, and translate Licensed Software, and create Licensee Improvements and/or Licensee Applications, solely for Non-Commercial Purposes, and (b) distribute Licensed Software to Other Licensees. For any avoidance of doubt, Licensee's right to use the Licensed Software in the Territory includes the right to develop and compile or interpret source code and to execute object code produced by compiling or interpreting such source code.
- (c) Licensee agrees that neither Licensee nor any other entity may (i) seek commercial or financial gain from the Licensed Software, Licensee Improvements, Other Licensee Improvements or any output created by using the Licensed Software, Licensee Improvements or Other Licensee Improvements; or (ii) use the Licensed Software, Licensee Improvements, Other Licensee Improvements or any output created by using the Licensed Software, Licensee Improvements, or Other Licensee Improvements to create, develop or modify a product or service that is distributed or licensed for commercial or financial gain.

Rev 2013/05/22

1 of 4

NON-COMMERCIAL XLE SOFTWARE LICENSE

- (d) Licensee agrees to maintain the confidentiality of the Licensed Software pursuant to Article 8.
- (e) If the software is licensed for use in a workgroup or educational setting then a limited number of Licensee's employees or students (hereafter "Permitted Users") may be authorized to use the Licensed Software under the conditions set forth under this Agreement, provided Licensee shall take reasonable precautions to ensure that the Permitted Users are aware of this Agreement and the Licensee's obligations under this Agreement, and to ensure that the Permitted Users do not breach this Agreement.

3. LICENSEE IMPROVEMENTS AND LICENSEE APPLICATIONS.

- (a) Title to Licensee Improvements shall reside at all times in Licensee, and Licensee agrees to maintain the confidentiality of the Licensee Improvements pursuant to Article 8. Licensee grants to PARC a perpetual, royalty-free, fully paid up, non-exclusive, sublicensable, nontransferable license to use, modify, maintain, reproduce, and translate Licensee Improvements. Licensee grants to Other Licensees a perpetual, royalty-free, fully paid up, non-exclusive, sublicensable, nontransferable license to use, modify, maintain, reproduce, and translate Licensee Improvements solely for Non-Commercial Purposes.
- (b) Title to Licensee Applications shall reside at all times in Licensee.
- (c) Licensee agrees to grant, and hereby grants, PARC (and its parent corporation) under patents owned, controlled, or licensable by Licensee that are first conceived or reduced to practice using the Licensed Software, an irrevocable, perpetual, non-exclusive, sublicensable, worldwide, royalty-free license to make, have made, use, sell, offer to sell, license, import, or otherwise develop dispose of products or services under such patents.

4. DISCLAIMER.

- (a) The Licensed Software, which includes a toolkit, may not be appropriate for Licensee's intended purpose. PARC and its licensors do not warrant that Licensed Software will meet Licensee's needs. Licensed Software may not be supported by Licensee's equipment and/or configuration(s). Licensee's use or application of Licensed Software is voluntary and at Licensee's sole discretion and risk. NEITHER PARC NOR ITS LICENSORS WARRANT THAT LICENSED SOFTWARE WILL BE FREE FROM ERRORS OR THAT ITS OPERATION WILL BE UNINTERRUPTED. LICENSED SOFTWARE IS SUPPLIED ON AN "AS IS" BASIS WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, INCLUDING (WITHOUT LIMITATION) ANY WARRANTY OF PERFORMANCE IN AN ERROR-FREE OR UNINTERRUPTED MANNER. THE LIMITED WARRANTY IS EXCLUSIVE AND IN LIEU OF ANY AND ALL OTHER EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, AND PARC DISCLAIMS ANY AND ALL IMPLIED WARRANTIES INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

- 5. **TECHNICAL SUPPORT DISCLAIMER.** Licensed Software is made available on an "as is, where is" basis. PARC has no obligation to provide any maintenance, technical support, or modifications, updates, or upgrades to the Licensed Software. PARC shall have no responsibility for identifying or correcting deficiencies in Licensee Applications used with the Licensed Software or for otherwise providing service or support for such Licensee Applications.

- 6. **TERM AND TERMINATION.** The term of the license granted in this Agreement will commence on the Effective Date and continue in full force and effect for a period of five (5) years, after which it can be renewed by mutual agreement, unless terminated at any time by PARC upon written notice in the event of Licensee's breach any of the terms of this Agreement or by Licensee upon thirty (30) days' written notice to PARC, or pursuant to paragraph 9. Upon termination, Licensee shall certify in writing to PARC that all Licensed Software (and any copies thereof) in Licensee's possession have been destroyed or returned to PARC.

NON-COMMERCIAL XLE SOFTWARE LICENSE

7. **NOTICES.** All notices under this Agreement shall be sent by hand or by postage prepaid certified mail to the address set forth above, or by email to the email address set forth below (or such other address as notified by a party in writing) and be deemed delivered when received or acknowledged.

For Licensee:

For PARC:

8. **CONFIDENTIAL OBLIGATION OF LICENSEE.** Licensee acknowledges and agrees that Licensed Software, Licensee Improvements, Other Licensee Improvements and the terms of this Agreement constitute confidential and proprietary information and/or trade secrets (as applicable) of PARC/its licensors. Licensee agrees to protect the Licensed Software, Licensee Improvements and Other Licensee Improvements from access by any third party using up-to-date security measures, which include but are not limited to protecting the Licensed Software, Licensee Improvements and Other Licensee Improvements using access control, data encryption and a firewall. Licensee agrees not to use Licensed Software for any purpose other than those expressly permitted under this Agreement, or disclose or make available Licensed Software, Licensee Improvements or Other Licensee Improvements to any third party in any form without the express written approval of PARC, except to Other Licensees. Licensee may make a back-up copy of Licensed Software, and shall ensure that such copy shall, at the time it is made, have endorsed upon it all proprietary rights statements found on the Licensed Software as received by Licensee and, at a minimum, that it is property of PARC and includes confidential information.
9. **INTELLECTUAL PROPERTY INFRINGEMENT.** In the event that Licensed Software is alleged to infringe a third party's U.S. intellectual property rights, PARC may, at its option, and at no charge to Licensee, either obtain a license, modify the Licensed Software to be non-infringing, substitute an equivalent of the Licensed Software or terminate the Agreement. Unless otherwise expressly provided by law, this shall be PARC' only obligation to Licensee in the event of a claim or allegation of infringement. PARC shall not be responsible for any liability of any kind under any legal or equitable theory as a result of claims or suits arising from Licensee's use of Licensed Software or from Licensee Improvements or Licensee Applications ("Liability"). Licensee shall indemnify and hold PARC (and its parent corporation) harmless for any claims, damages, awards, or penalties incurred, including reasonable attorney's fees, from such Liability ("Indemnity"). The Indemnity shall survive the termination of this agreement and shall not otherwise be disclaimed in scope or limited in amount by any other provision of the Agreement.
10. **LIABILITY LIMITATION AND DISCLAIMER.** IN NO EVENT SHALL PARC BE LIABLE FOR (A) INDIRECT, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE OR SPECIAL DAMAGES OF ANY SORT OR NATURE, INCLUDING WITHOUT LIMITATION LOST CONTRACTS OR LOST PROFITS, IN ANY WAY ARISING OUT OF THE USE OF THE LICENSED SOFTWARE OR RELATING TO THIS AGREEMENT, HOWEVER CAUSED, AND REGARDLESS WHETHER A CLAIM IS BASED IN CONTRACT, TORT (INCLUDING NEGLIGENCE) OR ANY OTHER THEORY, EVEN IF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES HAS BEEN COMMUNICATED; OR (B) DIRECT DAMAGES IN EXCESS OF ONE THOUSAND UNITED STATES DOLLARS (USD \$1,000.00).
11. **GENERAL PROVISIONS.**
- (a) Licensee may not assign or transfer its rights hereunder.
 - (b) Failure of either party to require strict performance by the other party of any provision shall not affect the first party's right to require strict performance thereafter. Waiver by either party of a breach of any provision shall not waive either the provision itself or any subsequent breach.

NON-COMMERCIAL XLE SOFTWARE LICENSE

- (c) It is agreed and understood that neither Licensee nor PARC has any authority to bind the other with respect to any matter hereunder. Under no circumstances shall either Licensee or PARC have the right to act or make any commitment of any kind to any third party on behalf of the other or to represent the other in any way as an agent.
- (d) The provisions of this Agreement shall, to the extent applicable, survive the expiration or any termination hereof including, but without limitation, any perpetual license herein granted.
- (e) The headings and titles of the Sections of the Agreement are inserted for convenience only, and shall not affect the construction or interpretation of any provision.
- (f) If any provision of the Agreement is held invalid by any law, rule, order or regulation of any government, or by the final determination of any state or federal court, such invalidity shall not affect the enforceability of any other provisions not held to be invalid.
- (g) Licensee agrees that Licensed Software, Licensee Improvements or Other Licensee Improvements, in whole or in part, will not be shipped, transferred or exported into any country or used in any manner prohibited by the United States Export Administration Act or any other export laws, restrictions or regulations. Licensee further agrees that it will not, directly or indirectly, export or transmit Licensed Software, Licensee Improvements, Other Licensee Improvements or Licensee Applications in whole or in part to any country, person or entity to which such export or transmission is restricted by any applicable U.S. regulation or statute, without the prior written consent, if required, of the Bureau of Industry and Security of the U.S. Department of Commerce, or such other governmental entity as may have jurisdiction over such export or transmission. Without limiting the foregoing, and upon PARC's request, Licensee shall promptly identify to PARC any encryption software, encryption programs, and/or encryption source code that Licensee uses, develops, provides and/or distributes with or within any Licensee Improvements, together with the export classification, including where applicable the date and reference number, issued by the United States Commerce Department (or other United States government agency with applicable jurisdiction) for such encryption software, encryption programs, and/or encryption source codes. If no such export classification has been issued, Licensee will provide PARC with all information that PARC requires to obtain such an export classification from the United States Commerce Department.
- (h) This Agreement is in the English language which shall govern and control its interpretation and construction in all respects.
- (i) This Agreement shall be governed and construed in accordance with the laws of the State of California, without giving effect to its conflicts of laws provisions. Each party agrees to submit to the exclusive jurisdiction of the courts located within the county of Santa Clara, California to resolve any legal matter arising from the terms. Notwithstanding this, Licensee agrees that PARC shall still be allowed to apply for injunctive remedies (or an equivalent type of urgent legal relief) in any jurisdiction. The parties acknowledge and agree that the 1980 United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods, as such may be amended from time to time, shall not apply to this Agreement. Each party hereby waives any right to, and agrees not to seek, a trial by jury in connection with any matter arising out of or otherwise relating to this Agreement or the subject matter hereof.
- (j) This Agreement constitutes the entire Agreement of the parties as to the subject matter hereof and supersedes any and all prior oral or written memoranda, understandings and Agreements as to such subject matter. This Agreement shall not be modified, except by a written Agreement signed by duly authorized representatives of PARC and Licensee.

Antônio Marco Cardoso Silva

FRIDAY, 14 SEP 2018

APÊNDICE B – CODIFICAÇÃO EM JSON

Atualização do Core-SL com inclusão do módulo morfológico para o verbo tampar
Descrição do Lexema

```
{
  "Core-SL": {
    "Lexlibras": {
      "identificacao": "tampar",
      "categorias": {
        "cat-morf": "lexema",
        "cat-gram": "verbo"
      },
      "caso": {
        "sintatico": " ",
        "semantico": " ",
        "suspencao": {
          "sequencia": "um",
          "relacao-maos": "nenhuma"
        }
      },
      "mao-dominante": {
        "orientacao": {
          "orientacao-mao": "vertical",
          "orientacao-palma": "esquerda",
          "orientacao-dedos": "frente"
        }
      },
      "locacao": {
        "lado-corpo": "maodominante",
        "localdif": "",
        "cabeca-loc": "",
        "cabeca-contato": "",
        "tronco-loc": "",
        "tronco-contato": "",
        "mao-loc": "",
        "mao-contato": "",
        "dedos-loc": {
          "polegar-loc": "",
          "indicador-loc": "",
          "medio-loc": "",
          "anelar-loc": "",
          "minimo-loc": ""
        }
      },
      "espaco-loc": {
        "proximidade": " proximal",
        "relacao-espacial": {
          "deslocamento-ipsilateral": "",
          "localizacao-central": ""
        }
      }
    },
    "movimento-deslocamento": {
      "tipo": {
        "contorno": "",
        "sentido": ""
      }
    }
  }
}
```

```
"interacao": "",  
"contato-mov": "'''",  
"contato-local": """  
},  
"qualidade": {  
"extensao": "",  
"temporal": "",  
"tensao": "",  
"velocidade": "\"normal\""  
},  
"direcionalidade": {  
"sentido": "''",  
"unidirecional": "'para direita e para  
cima (diagonal)'",  
"bidirecional": "''"  
},  
"plano": {  
"plano-movimento": "''",  
"plano-local": "'peito'"  
},  
"frequencia": {  
"vezes": "'1 ''",  
"frequencia": "'simples ''"  
}  
},  
"movimento-local": {  
"antebraco-mov": "",  
"mao-mov": "'''",  
"dedos-mov": "",  
"dedos": {  
"polegar-mov": "' '",  
"indicador-mov": "\"a\"",  
"medio-mov": "",  
"anelar-mov": "",  
"minimo-mov": ""  
},  
"pulso-mov": {  
"dobramento": "",  
"torcedura": ""  
}  
}  
},  
"mao-nao-dominante": {"articulacao": "",  
"braco": "",  
"disposicao-dedos": "",  
"juncao": "",  
"dedos-conf": {  
"polegar-conf-contato": "",  
"polegar-rotacao-adjacente": "' ''",  
"polegar-rotacao-paralelo": "' ''",  
"polegar-dedo-contato": "",  
"indicador-conf-disposicao": "",  
"indicador-conf-juncao": "",  
"medio-conf-disposicao": ""},
```


}

Atualização do Core-SL com inclusão do módulo morfológico para o verbo tampar
Descrição do Gramema

```
{
Core-SL
"Lex-Libras": {
"gramgen: {
"identificacao": "“objetoquadrado”",
"categorias":{
"cat-morf" : "gramema",
"cat-gram": "“”
"class": “inanimado”
"tipo": ““objeto””
"configuracao-mao-dominante": ““
"configuracao-mao-nao-dominante": "61": {
"caso" :{
"sintatico": ""
"semantico" : ““
}
}
}
}
}
```

Atualização do Core-SL com inclusão do módulo morfológico para o verbo doer

Descrição do lexema

```
{  
"core-sl": {  
"Lex-Libras": {  
"identificacao": "“doer”",  
"categorias": {  
"cat-morf" : "lexema",  
"cat-gram": "verbo",  
"tipo" : "transitivo direto",  
"suspecao": {  
"sequencia": "“um”",  
"relacao-maos": "“nenhuma”",  
"configuracao-mao-dominante": "54",  
  
"orientacao": {  
"orientacao-mao": "“vertical”",  
"orientacao-palma": "“para traz”",  
"orientacao-dedos": "“esquerda”"  
},  
"locacao": {  
"lado-corpo": "“maodominante”",  
"localdir": "“”",  
"cabeca-loc": "“”",  
"cabeca-contato": "“”",  
"tronco-loc": "",  
"tronco-contato": "",  
"mao-loc": "",  
"mao-contato": "“”",  
"dedos-loc": {  
"polegar-loc": "“”",  
"indicador-loc": "",  
"medio-loc": "",  
"anelar-loc": "",  
"minimo-loc": ""  
},  
"espaco-loc": {  
"proximidade": "“ medial”",  
"relacao-espacial": {  
"deslocamento-ipsilateral": "“”",  
"localizacao-central": "“”"  
}}  
}}  
}}  
}}
```

```
        },
        },
        },
        },
        "movimento-deslocamento": {
            "tipo": {
                "contorno": "“reto”",
                "sentido": "",
                "interacao": "",
                " contato-mov": "“”",
                " contato-local": "“ ”"
            },
            "qualidade": {
                "extensao": "",
                "temporal": "",
                "tensao": "",
                "velocidade": "normal",
            },
            "direcionalidade": {
                "sentido": "“”",
                "unidirecional": "",
                "bidirecional": "“para baixo, para cima”"
            },
            "plano": {
                "plano-movimento": "“”",
                "plano-local": ""
            },
            "frequencia": {
                "vezes": "“3”",
                "frequencia": "“simples ”"
            }
        },
        "movimento-local": {
            "antebraco-mov": "girar horario e anti-horario",
            "mao-mov": "“”",
            "dedos-mov": "",
            "dedos": {
                "polegar-mov": "“ ”",
                "indicador-mov": "",
                "medio-mov": "",
                "anelar-mov": "",
                "minimo-mov": ""
            },
            "pulso-mov": {
                "dobramento": "",
                "torcedura": ""
            }
        }
    }
}
```

```
"movimento-local": {
  "antebraço-mov": "",
  "mao-mov": "````", "dedos-mov": "", 
  "dedos": {
    "polegar-mov": "`` ``",
    "indicador-mov": "", 
    "medio-mov": "", 
    "anelar-mov": "", 
    "minimo-mov": "" 
  },
  "pulso-mov": {
    "dobramento": "", 
    "torcedura": "" 
  }
},
},
},
},
},
"expressao-nao-manual": {
  "sequencia": "um", 
  "especifica": " ", 
  "tipo": "morfema-adverbial", 
  "rosto": {
    "parte-superior": "Sobrancelhas e testa franzidas, olhos, cerrados", 
    "parte-inferior": " franzir nariz", 
    "categorias": {
      "cat-morf": "lexema", 
      "cat-gram": "adverbio"
    }
  }
},
"expressao-nao-manual": {
  "sequencia": "dois", 
  "especifica": " ", 
  "tipo": "morfema-adverbial", 
  "rosto": {
    "parte-superior": "testa franzida e olhos cerrados", 
    "parte-inferior": " mostrando os dentes", 
    "cabeca-exp": "inclinação para a frente", 
    "tronco-exp": "para a frente," 
    "categorias": {
      "cat-morf": "lexema", 
      "cat-gram": "adverbio"
    }
  }
}
```

Atualização do Core-SL com inclusão do módulo morfológico para o verbo falar
Descrição do Lexema

```
"Core-SL" : {
    "LexLibras": {
        "lexpd": {
            "catmorf": "verbo",
            "catgram": "lexema",

            "glossa": "falar",
            "configuracao-mao": {
                "configuracao-mao-dominante": "11"
            }
        },
        "orientacao": {
            "mao-dominante": {
                "orientacao-mao": "vertical",
                "orientacao-dedos": "para esquerda",
                "orientacao-palma": "para trás"
            },
            "locacao": {
                "mao-dominante": {
                    "lado-corpo": "mao dominante",
                    "localdif": "",
                    "cabeca-loc": "boca",
                    "cabeca-contato": "",
                    "tronco-loc": "",
                    "tronco-contato": "",
                    "mao-loc": "",
                    "mao-contato": "",
                    "dedos-loc": {
                        "polegar-loc": "",
                        "indicador-loc": "",
                        "medio-loc": "",
                        "anelar-loc": "",
                        "minimo-loc": ""
                    }
                },
                "movimento": {
                    "mao-dominante": {
                        "tipo": {
                            "contorno": " ",
                            "sentido": "",
                            "interacao": "",
                            " contato-mov": "",
                            " contato-local": ""
                        }
                    },
                    "qualidade": {
                        "extensao": "",
                        "temporal": "",
                        "tensao": "",
                        "velocidade": ""
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```
        },
        "direcionalidade":{
            "sentido":"",
            "unidirecional":"",
            "bidirecional":""
        },
        "plano":{
            "plano":"horizontal",
            "plano-movimento":""
        },
        "frequencia":{
            "vezes":"",
            "frequencia":"2"
        },
        "configuracao-mao":{
            "configuracao mao-dominante":"",
            "orientacao":{
                "mao-dominante":{
                    "orientacao-mao":"",
                    "orientacao-dedos":"",
                    "orientacao-palma":""
                }
            }
        },
        "movimento":{
            "mao-nao-dominante":{
                "tipo":{
                    "contorno":' ',
                    "sentido":"",
                    "interacao":"",
                    "contato-mov":"",
                    "contato-local":""
                },
                "qualidade":{
                    "extensao":"curta",
                    "temporal":"acelerado",
                    "tensao":"",
                    "velocidade":""
                },
                "direcionalidade":{
                    "sentido":"",
                    "unidirecional":"",
                    "bidirecional":""
                },
                "plano":{
                    "plano":"horizontal",
                    "plano-movimento":""
                },
                "frequencia":{
                    "vezes":"",
                    "frequencia":""
                }
            }
        }
    }
```

}

Atualização do Core-SL com inclusão do módulo morfológico para o verbo falar
Descrição do Gramema

```
{  
  "Core-SL":{  
    "Lex-Libras":{  
      "grampd":{  
        "direcionalidade":"para frente em direção ao interlocutor",  
        "glossa":"1s3s",  
        "proximidade":{  
          "inicio":"proximal"  
          "fim":"distal"  
          "pessoa":"1s"  
          "Caso":{  
            "Semântico":"ag",  
            "Sintático":"sujeito",  
          }  
          "pessoa":"3s"  
          "Caso":{  
            "Semântico":"paciente",  
            "Sintático":"obj-1(objeto direto)",  
          },  
        }  
      }  
    }  
  }  
}
```