

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

DENYS FELLIPE SOUZA ROCHA

**UMA TECNOLOGIA ASSISTIVA BASEADA NA SEMIÓTICA PEIRCEANA PARA
A EDUCAÇÃO INCLUSIVA DE CRIANÇAS SURDAS E OUVINTES**

Maceió
2016

DENYS FELLIPE SOUZA ROCHA

**UMA TECNOLOGIA ASSISTIVA BASEADA NA SEMIÓTICA PEIRCEANA PARA
A EDUCAÇÃO INCLUSIVA DE CRIANÇAS SURDAS E OUVINTES**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas.

Orientadores: Prof. Dr. Ig Ibert Bittencourt
Santana Pinto e Prof. Dr. Rafael de Amorim
Silva

Maceió
2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

R672t Rocha, Denys Fellipe Souza.

Uma tecnologia assistiva baseada na Semiótica Peirceana para a educação
Inclusiva de crianças surdas e ouvintes / Denys Fellipe Souza Rocha. – 2016.
89 f. : il.

Orientador: Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto.

Orientador: Rafael de Amorim Silva.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal de Alagoas.
Instituto de Computação. Programa de Pós-Graduação em Informática.
Maceió, 2016.

Bibliografia: f. 81-84.

Apêndice: f. 85-89.

1. Educação inclusiva - Crianças. 2. Educação de surdos. 3. Ensino - Meio.
auxiliares. 4. Semiótica. I. Título.

CDU: 004:376.33



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS/UFAL
Programa de Pós-Graduação em Informática – PpgI
Instituto de Computação

Campus A. C. Simões BR 104-Norte Km 14 BL 12 Tabuleiro do Martins
Maceió/AL - Brasil CEP: 57.072-970 | Telefone: (082) 3214-1401



Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Denys Fellipe Souza Rocha, intitulada: *“Uma Tecnologia Assistiva baseada na Semiótica Peirceana para a Educação Inclusiva de Crianças Surdas e Ouvintes”*, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal de Alagoas em 29 de abril de 2016, às 14h00min, no Miniauditório do Instituto de Computação da UFAL.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Igbert Bittencourt Santana Pinto
UFAL – Instituto de Computação
Orientador

Prof. Dr. Rafael de Amorim Silva
UFAL – Instituto de Computação
Coorientador

Prof. Dr. Alan Pedro da Silva
UFAL – Instituto de Computação
Examinador

Prof. Dr. Patrick Henrique da Silva Brito
UFAL – Instituto de Computação
Examinador

Prof.ª Dr. Maria Cecília Calani Baranauskas
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Examinadora

A meu pai Carlinhos que está na companhia do Pai Eterno, por sempre ter acreditado em mim, me ensinado valores nobres que carrego comigo até hoje. Com sua simplicidade me mostrou como saborear os momentos realmente importantes da vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado a oportunidade de viver e de evoluir neste mundo. A minha família, por ter me dado apoio em todas as minhas escolhas e decisões, em especial a minha mãe Luiza e o meu pai Carlinhos, que sempre me incentivaram a estudar e a crescer. Também gostaria de agradecer às minhas irmãs Cyntia e Jéssica pela parceria na vida, aos meus cunhados Alberto e Louis, e de forma muito especial, à minha namorada Floriza, que sempre esteve do meu lado, me incentivou e até me ajudou muito na construção desta dissertação, através de várias correções de Português e ABNT.

Agradeço aos meus orientadores professores Ig Bittencourt e Rafael Amorim, que tiveram paciência todos esses anos de orientação e me guiaram no meu caminho acadêmico, profissional, pessoal e espiritual.

Ao NEES, por ter me acolhido como membro de uma família, pela ajuda e pela cumplicidade de todos: Diego, Judson, Amaury, Alan, Todynho, Armando, Glauber, João, Danila, Bia, Sean, Ranilson, Ezequiel, Andre, Thiago Ávila, Thyago Tenório, Sivaldo, Jário, Wilk, Seiji, Fábio, Cheops, Jasmário, Daniel, Esther, Sérgio, Endhe, Olavo, entre outros. Em especial, gostaria de agradecer a professora Patrícia Ospina, que me deu um enorme suporte na parte estatística do meu trabalho (obs.: me perdoem se esqueci alguém rsrs).

A escola Benedito de Lira em nome da professora Célia, que me acolheu muito bem e me deu total condições para que eu realizasse o experimento. Também ao professor Jair Barbosa, da Faculdade de Letras da UFAL, que também me deu total apoio cedendo suas câmeras, tempo e orientação, e ao intérprete fonoaudiólogo Marcos, que ajudou na coleta dos dados do experimento. Nesse mesmo sentido, à coordenadora do CAS (Centro de Atendimento à Pessoa com Surdez) Olindina, e a SEMED pelo esforço em encontrar uma escola para o experimento.

Os signos e símbolos governam o mundo, não
as palavras e as leis.

(Confucius)

RESUMO

No cenário atual das escolas brasileiras, têm-se salas de aula heterogêneas com estudantes tendo diferentes necessidades. Todavia, o sistema educacional atual não atende de forma satisfatória tais estudantes. Como exemplo, inclui-se o caso de uma criança surda, possuindo necessidades diferentes de comunicação e precisando de algum tipo de acessibilidade, sendo a mesma ignorada por não se encaixar no padrão dos demais alunos. É nesse contexto que surge a educação inclusiva, sendo uma prática pouco realizada nas escolas atuais e carecendo de pesquisas científicas relevantes. Esta dissertação propõe um modelo para educação inclusiva baseado na semiótica peirceana e incluído em uma tecnologia, tendo como objetivo melhorar o processo de comunicação entre crianças surdas e ouvintes em salas de aula através de uma alfabetização bilíngue. A tecnologia incorpora um modelo que consiste em utilizar o signo e suas significações como forma de aprendizado. A partir de um signo que a criança conhece, faz-se referência a um objeto ainda desconhecido, causando na mente da criança um outro signo ou um signo mais evoluído. Seguindo uma cadeia de significações, a criança adquire signos como grafemas, datilologia (alfabeto manual) e alguns sinais da língua de sinais. Para validação da ferramenta proposta, foi realizado um experimento com crianças em uma sala de aula, por um período aproximado de uma semana, onde foi observado o nível de comunicação durante as brincadeiras. Posteriormente foram feitas análises dos resultados encontrados, afim de observar a qualidade dessa comunicação, através da presença da Língua Portuguesa e da Língua Brasileira de Sinais (Libras). Para tal análise, foi utilizado o teste Anderson-Darling, afim de verificar se os dados eram provenientes de uma população normal, o que rejeitou tal hipótese. A partir de então, descobriu-se a natureza dos dados através do teste Wilcoxon e utilizou-se os grupos "Sem Tecnologia" e "Com Tecnologia e Professor", afim de perceber se havia diferença na quantidade de sinais executados pelas crianças após a execução do experimento. Tais análises mostraram que havia uma diferença positiva considerável na concentração de sinais após a intervenção da tecnologia, o que valida a proposta desta dissertação. Os mesmos resultados podem ser observados através do modelo de regressão gerado para validar as hipóteses já lançadas. Portanto, podemos concluir que o modelo semiótico e a tecnologia que o incorpora produziu um ambiente de sala de aula mais inclusivo, no contexto de crianças surdas e ouvintes.

Palavras-Chave: Educação Inclusiva. Semiótica. Educação de Surdos.

ABSTRACT

In the current scenario of Brazilian schools, there are heterogeneous room classes with students presenting different needs. However, the current educational system does not fulfill the satisfaction of such students. As an example, the case of a deaf child is included, having different communication needs and in need of some kind of accessibility, being ignored by the same does not fit the pattern of other students. It is in this context that inclusive education, being a little practice held in the current schools and lacking relevant scientific research. This dissertation proposes a model for inclusive education based on Peirce's semiotics, included a technology, and aims to improve the process of communication between deaf children and listeners in classrooms through a bilingual literacy. The technology incorporates a model that is to use the sign and its meaning as a way of learning. From a sign that the child knows, reference is made to an unknown object, causing the child's mind another sign or a more evolved sign. Following a chain of meanings, the child acquires signs as grapheme, dactylology (manual alphabet) and some signs of sign language. To validate the proposed tool, an experiment was conducted with children in a room, in a period of approximately one week, where we observed the level of communication during play. Later analyzes were made of the findings in order to observe the quality of that communication, through the presence of the Portuguese language and Brazilian Sign Language (Libras). For this analysis we used the Anderson-Darling test in order to verify that the data came from a normal population, which rejected the hypothesis. From then on, it was discovered the nature of the data by Wilcoxon test, and used the "Without technology" groups and "With Technology and Teacher" in order to understand if there was a difference in the number of signals carried by the children after execution of the experiment. These analyzes showed that there was a significant positive difference in the concentration of signs after the intervention of technology, which validates the purpose of this dissertation. The same results can be seen through the generated regression model to test hypotheses already launched. Therefore, we conclude that the semiotic model and the technology that incorporates produced a more inclusive classroom environment in the context of deaf and hearing children.

Keywords: Inclusive Education. Semiotics. Deaf Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - O signo de Peirce como uma relação triádica, exemplificado	17
Figura 2 - Representação da relação Manga.....	19
Figura 3 - Rizoma.....	20
Figura 4 - Cadeia de significações a partir da relação "cachorro"	21
Figura 5 - LODE-2: some screen-shots	25
Figura 6 - Primeira Relação.....	27
Figura 7 - Primeira Relação.....	27
Figura 8 - Primeira Relação.....	28
Figura 9 - Primeira Relação Complexa	31
Figura 10 - Segunda Relação Complexa	32
Figura 11 - Terceira Relação Complexa.....	33
Figura 12 - Quarta Relação Complexa	34
Figura 13 - Visão Geral do Modelo.....	35
Figura 14 - Layout da Unity com o projeto da aplicação	37
Figura 15 - Layout da Unity com o projeto da aplicação	38
Figura 16 - Arquitetura da Aplicação	39
Figura 17 - Estrutura do Unity.....	40
Figura 18 - Cena	40
Figura 19 - Telas da Aplicação.....	41
Figura 20 - Diagramas de Caso de Uso e Atividades	42
Figura 21 - Diagrama de estados	44
Figura 22 - Estudo de Caso - Primeira Relação	47
Figura 23 - Estudo de Caso - Segunda Relação	48
Figura 24 - Estudo de Caso - Terceira Relação.....	49
Figura 25 - Estudo de Caso - Quarta Relação	50
Figura 26 - Estudo de Caso - Visão Geral do Modelo	51
Figura 27 - Instância do modelo com a relação "B de BOLA" em uma tecnologia.....	53

Figura 28 - Posicionamento das câmeras na sala de observação.....	59
Figura 29 - Histograma de comparação entre Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor	64
Figura 30 - Histograma de comparação entre Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor	64
Figura 31 - BoxPlots das variáveis Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor.....	65
Figura 32 - BoxPlots das variáveis Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor	65
Figura 33 - QQPlots das variáveis Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor	66
Figura 34 - QQPlots das variáveis Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor	67
Figura 35 - Modelo de regressão para explicar a variável “Libras” expresso em função de cada uma das trinta observações	72
Figura 36 - Gráfico de resíduos – Libras	76
Figura 37 - Gráfico de resíduos – Sinal.....	77
Figura 38 - Script botão	85
Figura 39 - Execução de animações	86
Figura 40 - Invocação do método Application.LoadLevel.....	87
Figura 41 - Script Pyramids (a)	88
Figura 42 - Script Pyramids (b)	88
Figura 43 - Script Message.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formalização das Hipóteses	57
Tabela 2 - Tratamentos	58
Tabela 3 - Teste de Normalidade Anderson Darling.....	61
Tabela 4 - Teste Wilcoxon.....	62
Tabela 5 - Estimativas dos β 's e os P_Valores testes Quasi_t associados.....	74

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.2	PROBLEMÁTICA	12
1.3	PROPOSTA	13
1.4	ESCOPO	14
1.5	CONTRIBUIÇÕES.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	SEMIÓTICA PEIRCEANA	16
3	RELATO DO PROBLEMA	23
3.1	PROBLEMAS NA EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	23
3.2	TRABALHOS RELACIONADOS	24
4	UMA TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA EDUCAÇÃO INCLUSIVA ... 26	
4.1	O Modelo baseado na Semiótica Peirceana	26
4.2	Implementação do modelo semiótico	36
4.2.1	Visão geral	36
4.2.2	Arquitetura	39
4.2.3	Cenas ou interface do usuário	39
4.2.4	Controle das animações	43
5	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	55
5.1	PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO	55
5.1.1	Questões de pesquisa e hipóteses	55
5.1.2	Fatores e variáveis de resposta	57
5.1.3	Definição formal das hipóteses	57
5.1.4	Unidades experimentais	58
5.1.5	Escolha do design de experimento	58
5.1.6	Plano de execução	58
5.1.6.1	Coleta dos dados	59
5.1.6.2	Análise dos resultados.....	60
5.1.7	Análise de ameaças à validade	60
5.2	RESULTADOS.....	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A	85

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação propõe e discute um modelo teórico incorporado a uma tecnologia que provê um acervo de conhecimento que pode vir a apoiar a interação e comunicação entre alunos surdos e ouvintes em fase de alfabetização, sendo este modelo e tecnologia baseados em conceitos da semiótica apresentada por Peirce (1977). Estes conceitos são estendidos pela inserção de um ciclo evolutivo de signos, no qual a criança aprende um novo conceito a partir de outro que a mesma já conhece, proporcionando a esta uma melhor interpretação de signos mais complexos. A criança exposta a este modelo pode compreender signos como grafemas, datilologia (alfabeto manual da língua de sinais) e sinais da Língua Brasileira de Sinais (Libras). Contudo, devido à complexidade de unir duas línguas com gramáticas distintas, este trabalho limita-se ao aprendizado do alfabeto escrito da língua portuguesa, o alfabeto datilológico/manual da língua de sinais e alguns sinais de Libras. Com isso, a tecnologia busca tornar o processo de alfabetização comum entre surdos e ouvintes, possibilitando uma melhor comunicação entre ambos.

Situado na linha de pesquisa Computação Visual e Inteligente do Mestrado em Informática, do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas, este trabalho faz parte de pesquisas relacionadas a Tecnologias Assistivas, Interação Humano Computador, e Informática na Educação, desenvolvidas no Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais (NEES) da mesma universidade.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Sabe-se que as pessoas surdas possuem necessidades específicas de interação e de inclusão social. Nas escolas atuais, por exemplo, elas são excluídas do direito de aprender, pois tais escolas privilegiam grupos de estudantes que atendem a um padrão de comunicação oral-auditivo, impedindo ou dificultando grupos que utilizem outro tipo de padrão, como a comunicação gesto-visual (FRIAS e MENEZES, 2008). Em outras palavras, as metodologias são direcionadas para alunos ouvintes, deixando o surdo fora do processo de comunicação e aprendizado em sala de aula, e privando também o aluno ouvinte de estabelecer alguma comunicação e troca de conhecimento com seu colega surdo. Esta situação é comum nas escolas brasileiras, pois a escola regular acolhe o aluno surdo, mas não disponibiliza o apoio necessário para sua inclusão, como a presença de intérpretes, recursos visuais e apoios pedagógicos ou

tecnológicos específicos, caracterizando uma exclusão linguística e comunicacional (REBOUÇAS & AZEVEDO, 2011).

Nesse contexto, tais recursos pedagógicos e/ou tecnológicos se dão através do uso de tecnologias assistivas, que representam todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para melhorar habilidades funcionais de pessoas com alguma necessidade diferente das demais, proporcionando vida independente e inclusão (Bersch e Tonolli 2006 apud Bersch 2013).

Nos últimos anos, alguns estudos vêm discutindo a proposta de um modelo de educação inclusiva que assegure a todos uma igualdade de oportunidades educativas, principalmente para pessoas com necessidades educacionais especiais (NEE). Deve-se, portanto, entender as necessidades destas pessoas e incluí-las ao grupo (FONSECA, 2004). Sendo assim, neste modelo educacional, a igualdade está em atender às necessidades de cada pessoa em particular, possibilitando o seu acesso a educação.

Contudo, dentre os possíveis modelos de educação inclusiva, destaca-se o que estimula a interação entre surdos e ouvintes através da educação bilíngue, permitindo que todas as pessoas possam ter acesso ao mesmo conhecimento disposto em sala de aula. Esta forma de educação está instituída pela lei nº 10.436 de 2002 (BRASIL, 2002) e pelo decreto 5.635 de 2005, que declaram que a educação de surdos no Brasil deve ser bilíngue, garantindo o acesso à educação por meio de sua língua e da língua portuguesa como segunda língua (QUADROS & SCHMIEDT, 2006). Desta forma, os ouvintes utilizam a língua portuguesa para se comunicarem e os surdos brasileiros se comunicam através da Libras, que possui semântica e gramática diferentes da língua portuguesa escrita, sendo baseada em sinais, que é sua unidade básica.

1.2 PROBLEMÁTICA

Um dos principais obstáculos para uma educação inclusiva de qualidade é a falta de estímulo na comunicação entre crianças surdas e ouvintes, pois sem este estímulo não haverá inclusão de fato. Esta inclusão não se faz apenas colocando o surdo numa escola regular, esperando que apenas a mesma o acolha, como proposto pelo modelo de educação brasileiro atual. Para que a inclusão realmente aconteça, deve haver recursos que assegurem os direitos de todos no processo educativo. Com a ausência desses recursos, a criança surda fica excluída de estabelecer comunicação com seus colegas ouvintes, assim como a criança ouvinte também

perde de aprender e interagir com seu colega surdo. Nesta mesma situação, o aluno surdo fica impedido de aprender o conteúdo passado pelo professor, pois o mesmo utiliza outra língua fora do domínio natural deste surdo, ou seja, a língua portuguesa escrita e falada.

Percebe-se que a criação de um ambiente educacional inclusivo demanda de mais recursos que não estão disponíveis à escola, como intérpretes de língua de sinais, treinamento para os professores, acervos áudio-visuais, etc. Também percebe-se que a presença de duas línguas em sala de aula, Português e Libras, dificulta a comunicação entre seus falantes, pois são línguas com gramática, semântica e forma de raciocínio diferentes.

Portanto, chegamos a nossa principal questão de pesquisa: Como proporcionar uma educação inclusiva para crianças surdas e ouvintes num mesmo contexto utilizando tecnologia?

1.3 PROPOSTA

Este trabalho propõe melhorar o processo de comunicação entre crianças surdas e ouvintes em um ambiente escolar, proporcionando uma educação inclusiva. Para tal, deseja-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Levantar o estado da arte em relação a problemática já apresentada;
- Criar um modelo de raciocínio que explique os processos de significação das crianças surdas e ouvintes a fim de usar elementos comuns a ambas para a melhora da comunicação;
- Observar o padrão de interação e comunicação entre as crianças no momento das brincadeiras;
- Fornecer um acervo de conhecimento para apoiar a comunicação entre crianças surdas e ouvintes através do uso de tecnologia, onde esta auxilie no aprendizado do alfabeto da Língua Portuguesa e da Libras, e alguns de seus sinais, durante o momento das aulas;
- Validação através da observação do efeito causado nas interações das crianças, após a intervenção da tecnologia, no momento das brincadeiras;
- Validação do uso do conteúdo aprendido nas possíveis interações, ou seja, se a criança usou algo da Língua Portuguesa escrita ou da Libras;
- Validação da melhoria semântica no processo de comunicação entre crianças surdas e ouvintes.

1.4 ESCOPO

Este trabalho é direcionado aos pesquisadores que utilizam tecnologias assistivas para o apoio do processo educativo inclusivo e que buscam alternativas de proporcionar a igualdade educativa para todos. O mesmo utiliza a Semiótica de Peirce (1977) para apoiar o processo de significação por parte das crianças. Esta significação envolve o aprendizado do alfabeto da Língua Portuguesa escrita e o alfabeto da Língua Brasileira de Sinais, assim como alguns de seus sinais. Este processo tem como fim fornecer um acervo de conhecimento que apoie o processo de comunicação entre crianças surdas e ouvintes que partilham de um mesmo âmbito escolar.

O termo Tecnologia Assistiva aqui empregado é definido como todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para melhorar habilidades funcionais de pessoas que possuem alguma necessidade diferente da grande maioria da população, promovendo vida independente e inclusão social (BERSCH e TONOLLI 2006, apud BERSCH, 2013).

Para tal, realizou-se um quase-experimento com uma turma que possuía 15 alunos ouvintes e 1 aluno surdo, a fim de verificar se o modelo e a tecnologia propostos gerariam mudanças na qualidade da comunicação. Essa qualidade pode ser mensurada quando mostramos que a comunicação teve mais significado agregado, através do uso de um vocabulário formal comum aos envolvidos, ou seja, a presença de uma língua.

1.5 CONTRIBUIÇÕES

O presente trabalho contribuiu para as comunidades de

- Interação Humano Computador (IHC), pois gera um artefato teórico e computacional que visa melhorar a relação entre pessoas através da tecnologia;
- Tecnologias Assistivas, pois advem do princípio do termo Acessibilidade, onde o artefato computacional torna acessível as oportunidades para todos, levando em consideração suas reais necessidades;
- Educação Inclusiva, de acordo com o conceito de Fonseca (2004) e outros autores da mesma linha, pois o objetivo principal deste trabalho é dar acesso à educação de forma equitativa para crianças surdas e ouvintes, melhorando sua comunicação e conseqüentemente sua inclusão.

- Informática na Educação, pois há uma forte tendência na área em observar como a computação e os meios informáticos podem melhorar a qualidade da Educação.

Além disso, o trabalho contribuiu para a construção de um jogo que incorpora tal modelo semiótico, onde a criança aprende passando por suas fases e vencendo os desafios. Tal jogo pode ser exportado para diversos dispositivos, como dispositivos móveis, computadores portáteis, de mesa, e até para a plataformas *web*. O código fonte dessa aplicação foi construído na língua inglesa, para que a mesma proposta seja adaptada para outros países, ou seja, pode-se relacionar alguma língua escrita com a respectiva língua de sinais, desde que obedçam estruturas linguísticas parecidas com as línguas utilizadas neste trabalho, e entendendo todos os elementos como sendo signos.

1.6 ESTRUTURA DO TEXTO

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: O Capítulo 2 mostra uma visão breve sobre a Semiótica abordada pelo Filósofo Lógico Charles Sanders Peirce; o Capítulo 3 destaca o problema de pesquisa apontado, assim como o principal trabalho relacionado; seguindo temos o Capítulo 4, que descreve a proposta desta dissertação, ou seja, o modelo teórico criado e a tecnologia que o incorpora; o Capítulo 5 apresenta a proposta e validação estatística da execução de um quase-experimento; e por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais da dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o intuito de promover a comunicação entre crianças surdas e ouvintes, é importante saber como as mesmas aprendem e significam o mundo ao seu redor. Partindo do pressuposto que cada uma lê o mundo de forma diferente, levando em consideração a aquisição e utilização de suas línguas maternas, buscamos nesta dissertação entender este processo a fim de torná-lo comum a essas crianças. Para tal, buscou-se na literatura alguma teoria que explicasse o processo de significação humano. Algumas ciências buscam responder a este processo, como a Psicologia Cognitiva, a Neurociência, a Semiótica Organizacional e a Semiótica.

Para esta dissertação, escolhemos a Semiótica apresentada pelo Filósofo Lógico Charles Sanders Peirce, que tenta representar a forma de como raciocinamos através da utilização de signos, classificados de acordo com a sua teoria. Esta teoria se preocupa com o entendimento do processo significatório pela mente interpretante, e para tal faz uso da lógica, fator importante para a decisão da adoção desta teoria, pois aparenta ser um caminho mais próximo de ser representado por um artefato computacional. Cabe ressaltar que, apesar da Semiótica Organizacional ou Engenharia Semiótica já estarem mais próximas da representação computacional, escolhemos a Semiótica Peirceana a fim de se obter uma reflexão mais profunda do processo de significação das crianças surdas e ouvintes, para então representá-la de forma que possa ser computável por máquina.

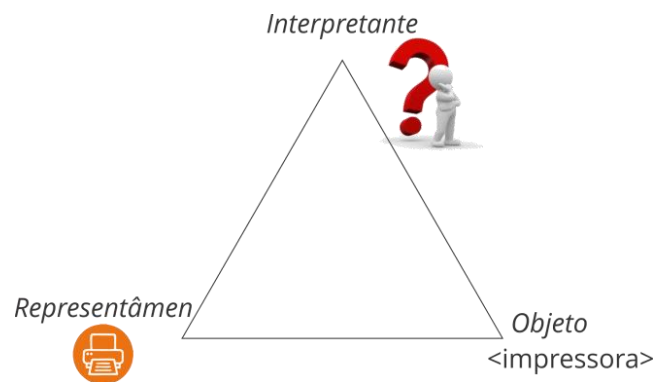
2.1 SEMIÓTICA PEIRCEANA

Segundo Peirce (1977) e Oxford (2015), a Semiótica é a ciência (lógica) responsável pela interpretação e uso dos signos e símbolos. Cunningham (1992) acrescenta dizendo que a Semiótica é como um caminho de pensar sobre a mente e como comunicar o conhecimento. Entendemos o mundo através de signos, onde através de nossa experiência no mundo, construímos caminhos de conhecimento, estruturas que determinam nossa compreensão atual das coisas (CUNNINGHAM, 1992). Nesta visão, caracteriza-se o processo de semiose, ou o uso do signo, onde literalmente conectamos nossas experiências de mundo através de signos relacionados ao mundo físico e operações cognitivas. A Semiótica tem sido investigada por pesquisadores de diversas áreas, como linguística, psicologia, estudos de mídia, ciências educacionais, antropologia e filosofia da linguagem (BONACIN, 2004; CUNNINGHAM, 1992).

A relação triádica do modelo semiótico de Peirce, conforme ilustrada na Figura 1, consiste em um *Representâmen* (i.e. ícone da impressora) que representa o *Objeto* (i.e. impressora) para o intérprete, que forma em sua mente um novo signo (i.e. o ato de imprimir). Em outras palavras, o signo (denominado *Representâmen*) é algo que possui significação (interpretação) para uma mente interpretante, sendo uma relação triádica entre um signo previamente conhecido por quem o interpreta, que faz relação com um outro (*Objeto*), realizando uma associação na mente do intérprete (*Interpretante*) e criando, desta forma, um novo signo.

Segundo Peirce (1977), o signo pode ser representado por 3 tricotomias¹: (i) Qualissigno, Sinsigno, e Legissigno; (ii) Ícone, Índice e Símbolo; e (iii) Rema, Dicissigno e Dicente. Ambas as tricotomias estão relacionadas com o *Representâmen* e podem ser classificadas levando-se em conta 3 possíveis ordens do signo (SANTAELLA, 2006): (i) Primeiridade; (ii) Secundidade; e (iii) Terceiridade. Esta ordem se refere ao nível de imediatismo utilizado quando o indivíduo pensa sobre algo. Cabe ressaltar que essas três tricotomias juntas proporcionam uma divisão dos signos em dez classes, que não estão no escopo deste trabalho.

Figura 1 - O signo de Peirce como uma relação triádica, exemplificado ²



Fonte: O autor, 2016

Na **Primeiridade**, a representação e a interpretação do signo devem ser imediatas. Portanto, refere-se à qualidade do elemento. Por exemplo, a cor azul ou o sentir perfume de uma rosa são elementos constituintes do pensamento e do pré-raciocínio, sem nenhuma

¹ Ver mais em: PEIRCE, Charles S. *Semiótica*. 4ª edição, 1ª reimpressão. Ed. Perspectiva, São Paulo, 2010.

² Adaptado de: Rocha e Bananuskas, 2000, p.148 apud Bonacin, 2004, p.33.

conclusão estabelecida. Na **Secundidade**, considera-se um fenômeno associado a uma qualidade, sendo que esta última deve estar encarnada em uma matéria. Por exemplo, a cor azul deve estar, neste caso, associada ao céu, como objeto que possui uma qualidade encarnada. Na **Terceiridade**, leva-se o raciocínio para um terceiro, que seria a interpretação desta relação. Por exemplo, neste caso, o azul deve ser uma mera qualidade (Primeiridade), o céu deve ser um objeto onde o azul se encarna (Secundidade) e a síntese intelectual ou elaboração cognitiva do “azul no céu” deve ser estabelecida pela mente interpretante (Terceiridade).

Dentre as três tricotomias apresentadas, a primeira entende o Representâmen como Qualissigno, Sinssigno ou Legissigno. Sendo o primeiro uma mera qualidade, que não pode atuar como signo até que se corporifique, mas ao se corporificar não é mais caracterizado como Qualissigno, para um melhor entendimento, pense no exemplo da cor azul citado anteriormente quando se discutia a Primeiridade. Já o Sinssigno é um signo constituído de vários Qualissignos, que como qualidade agora pode ser corporificada em algum objeto. E o Legissigno refere-se a uma lei que é um signo, normalmente estabelecida pelos homens, como exemplo a letra "a", que em um texto pode aparecer 20 a 30 vezes e será ainda o mesmo signo, onde cada ocorrência é um Sinssigno e Réplica desta letra, caracterizando-a como Legissigno.

Já a terceira tricotomia classifica o Representâmen como Rema, Dicissigno ou Dicente, onde o primeiro é um signo de possibilidade qualitativa, ou seja, representando alguma espécie de Objeto possível. Já o Dicissigno é um signo que envolve um Rema para descrever o fato que é interpretado como sendo por ele (Rema) indicado, sendo o Dicissigno um tipo especial de Rema. E o Dicente é um signo de existência real, corporificado e interpretado.

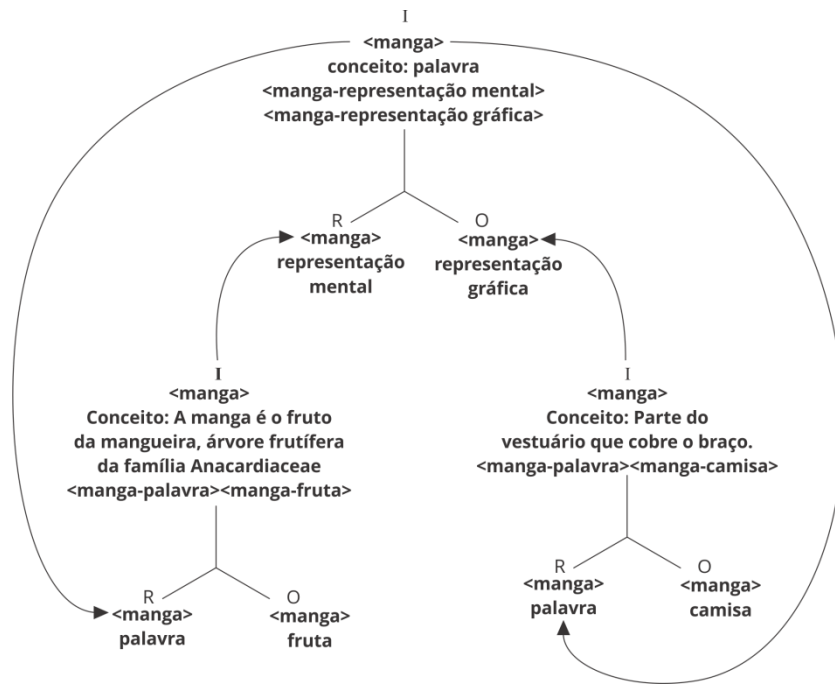
Peirce (1977) estabelece a segunda tricotomia como sendo a mais importante do seu trabalho. Nesta tricotomia, o Ícone não deve ter conexão dinâmica com o objeto o qual representa, o Índice deve estar fisicamente conectado com este objeto e o Símbolo deve estar associado ao seu objeto pela mente interpretante. Por exemplo, um traço de caneta que representa uma linha (Ícone), onde a mesma não teria nenhum compromisso com seu objeto; ou um dedo apontando em uma direção indicando um caminho para alguém (Índice), onde tirando o objeto, o Índice perderia seu caráter significativo; ou a palavra "maçã" que faz referência à fruta maçã (Símbolo), que perderia seu caráter significativo se tirássemos o *Interpretante* da relação, ou seja, a igualdade entre a palavra e o objeto que a representa.

Portanto, a lógica peirceana estabelece três elementos da relação que compõem um signo: (i) o *Representâmen*, o qual pode ser um Ícone, um Índice ou um Símbolo, de acordo

com a segunda tricotomia; (ii) o *Objeto*, a quem o *Representâmen* faz referência; e (iii) o *Interpretante*, sendo o resultado cognitivo da relação entre *Representâmen* e *Objeto* que ocorre na mente de quem a interpreta. Em outras palavras, um signo é constituído de um *Representâmen*, que faz referência a um *Objeto*, e causa na mente do intérprete um resultado cognitivo, o *Interpretante*.

Todavia, entendendo que todo signo determina um *Interpretante*, que também é um signo, temos uma cadeia de justaposições de signos *add infinitum*. Cabe a ressalva que Peirce às vezes, se referia ao *Representâmen* como Signo. Levando em consideração a presença de relações onde temos um objeto complexo, ou seja, um mesmo *Representâmen* fazendo referência a mais de um *Objeto*, deve haver no pensamento ou na expressão uma explicação que mostre como aquele *Signo* representa aquele *Objeto* ou conjunto de *Objetos*. Esses elementos juntos formam um *Signo* ainda mais evoluído, tendendo a ser um *Signo* de si mesmo (PEIRCE, 1977). Para exemplificar, buscamos o significado da palavra "manga", que é uma palavra que pode representar mais de um objeto, portanto temos a palavra manga como Representâmen opontando para os Objetos manga(fruta) e manga(parte de uma camisa), como visto na Figura 2.

Figura 2: Representação da relação Manga



Fonte: O autor, 2016.

Como observado na Figura 2, ao pensarmos na palavra manga, temos a priori uma representação mental ou ideia do que seja manga, que faz referência simbólica ao Objeto manga

como representação gráfica, ou seja, a palavra escrita, causando na mente interpretante uma relação de igualdade semântica entre a representação mental e a representação gráfica do signo. Porém ao nos questionarmos sobre qual objeto do mundo real a palavra manga se refere, temos a necessidade de uma explicação adicional, que gera duas novas relações, ou seja, a palavra manga se referindo a fruta e a mesma palavra se referindo a uma parte de uma camisa. Portanto a relação manga exige outros signos posteriores que a expliquem, pois o mesmo Representâmen faz referência a dois objetos distintos.

Segundo o estudo realizado por Eco (1986) sobre a metáfora vegetal do rizoma proposto por Deleuze e Guattari (1976), estas justaposições citadas por Peirce (1977) são entendidas como estruturas rizomáticas, representadas por um labirinto de signos, com infinitas possibilidades de conexões. Eco frisa que não há pontos fixos ou mesmo posições no rizoma, mas apenas conexões ou relações, e que as mesmas não se caracterizam como estruturas hierárquicas. Entendendo o que seria um rizoma, temos que uma planta possui um caule subterrâneo, com várias ramificações, onde estas se conectam entre si e com ramificações de uma outra planta, de forma "não organizada". Nesse contexto, a planta seria um *Signo*, que possui ramificações, podendo se cruzar com outros signos, justapondo-se em diferentes direções, como podemos observar na Figura 3.

Figura 3: Rizoma (fonte: aulete.com.br)



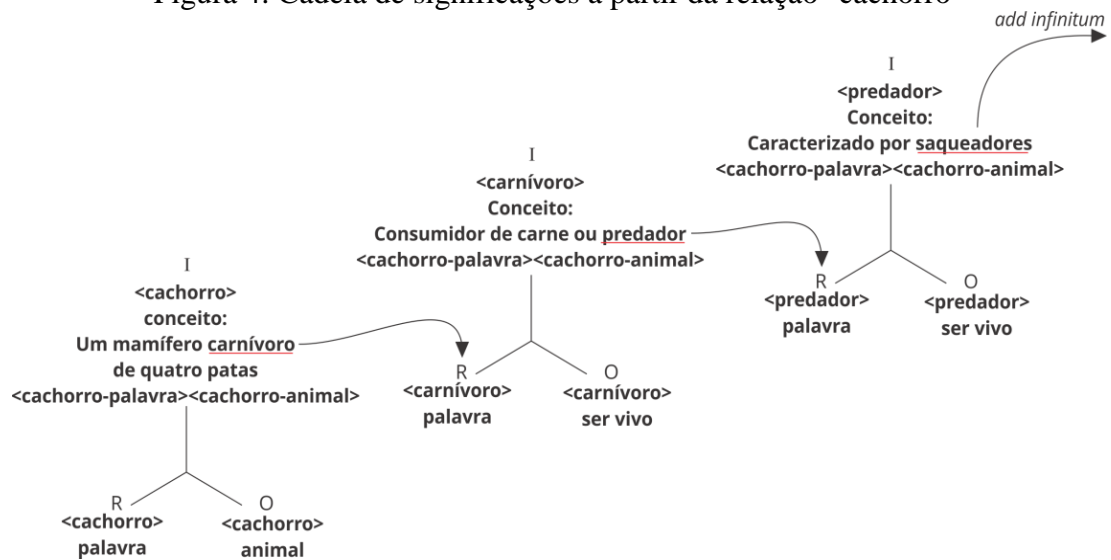
RIZOMAS

Utilizando o exemplo descrito em Cunningham (1992), imagine que tenhamos acesso ao dicionário do mundo, e você está interessado na definição (Intepretante) da palavra "cachorro" (Signo/Representâmen) que representa o animal cachorro (Objeto). Então, consulta o dicionário e encontra a definição "... um mamífero carnívoro domesticado de quatro patas..." Mas qualquer aspecto desta definição pode ser o signo para mais uma semiose. Em seguida você se questiona sobre a definição de carnívoro e de novo consulta o dicionário, então descobre que esta palavra significa ". . . Consumidor de carne ou predador. . . .", continuando com a

definição de predador, você encontra ". . . caracterizado por saqueadores. . . ". Assim, cada interpretante pode servir como um signo para um outro processo de semiose. Eco (1986) descreve esse rizoma como uma rede de interpretantes.

Como observado na Figura 4, a palavra em destaque "Carnívoro", presente no primeiro Interpretante pode ser a base para uma outra relação de significação, constituindo o Representâmen desta. Assim também poderia acontecer com os outros termos que o rodeiam, como "mamífero", "quatro", "patas", "um" e "de", desencadeando um rede de infinitas relações em quaisquer sentidos/direções. Desta forma, entendemos essa rede de significações como o exemplo apresentado por Eco (1986) sobre a metáfora vegetal do rizoma proposto por Deleuze e Guattari (1976).

Figura 4: Cadeia de significações a partir da relação "cachorro"



Fonte: O autor, 2016.

Em suma, a Semiótica é a ciência que compreende o processo de semiose, onde semiose é a construção de estruturas pessoais de experiência através de signos relacionados ao mundo físico e cognitivo, onde estes estão para algo ou alguém. Ou seja, a Semiótica se preocupa em compreender como a mente interpretante cria associações e/ou significações na construção de seu mundo, e como esta rede em forma de rizoma estabelece relação com outras mentes interpretantes e outros mundos.

Dessa forma, utilizou-se a Semiótica Peirceana como base para o modelo teórico apontado neste trabalho, pois entendemos todos os elementos envolvidos no processo de alfabetização (i.e. letras da língua portuguesa escrita, letras da língua de sinais, imagens de objetos e sinais da Libras) como sendo signos que representam algo para as mentes

interpretantes envolvidas neste processo. A seguir, será apresentado o modelo baseado na Semiótica utilizando a metáfora da estrutura rizomática discutida anteriormente, que mostra um possível caminho de semiose utilizado na construção de relações indiciais ou simbólicas que envolvem os conteúdos das duas línguas envolvidas (a língua portuguesa e a Libras) num processo de alfabetização inclusiva.

3 RELATO DO PROBLEMA

Diante do exposto, criar um ambiente educacional inclusivo não é uma tarefa trivial, pois há demanda de recursos, como intérpretes de Libras, acervo audio-visual e mudanças metodológicas, como aulas adaptadas às necessidades de todos, o que envolveria treinamento dos professores. Neste cenário, justifica-se o uso de alguma tecnologia de baixo custo, que apoie o processo ensino-aprendizagem de todos os envolvidos a fim de se obter esse ambiente educacional inclusivo.

3.1 PROBLEMAS NA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

No caso das salas de aula que possuem alunos surdos, as metodologias são direcionadas a alunos ouvintes e falantes da língua portuguesa, deixando o surdo alheio ao conhecimento passado, e longe das interações sociais que propiciam sua inclusão, além de impedir que o aluno ouvinte possa também estabelecer relações com seu colega surdo, como foi dito anteriormente (BASTOS, 2011).

Tendo em vista que a educação inclusiva ocorre quando todos participam do processo de construção do conhecimento, o surdo deve ter acesso ao conhecimento na apropriação de sua língua materna (primeira língua adquirida) (QUADROS, 1997), assim como o ouvinte. Levando em consideração que a ausência desse acesso por parte do surdo ocorre durante toda a sua vida escolar, surgem várias questões relacionadas ao melhor momento para intervir. A alfabetização, por exemplo, se torna um dos momentos mais críticos da vida escolar do aluno surdo, pois é a fase onde o mesmo tem contato com a língua e com pessoas que se comunicam de forma diferente. Além disso, também seria o momento mais adequado, pois se a alfabetização ocorre de forma inclusiva, todos os envolvidos se beneficiam, pois nos anos posteriores poderia não haver dificuldades de interação, comunicação e aprendizagem. Nesse contexto, a interação passa a apresentar qualidade e quantidade que tornam o processo educacional rico e complexo. A alfabetização passa, então, a ter valor real para a criança (QUADROS & SCHMIEDT, 2006, p.28).

Diante do exposto, percebemos que a criação desse ambiente educacional inclusivo demanda de mais recursos que não estão disponíveis à escola, como intérpretes de língua de sinais, treinamento para os professores, acervos áudio-visuais, etc.

Portanto, chegamos a nossa principal questão de pesquisa: Como proporcionar uma educação inclusiva para crianças surdas e ouvintes num mesmo contexto utilizando tecnologia?

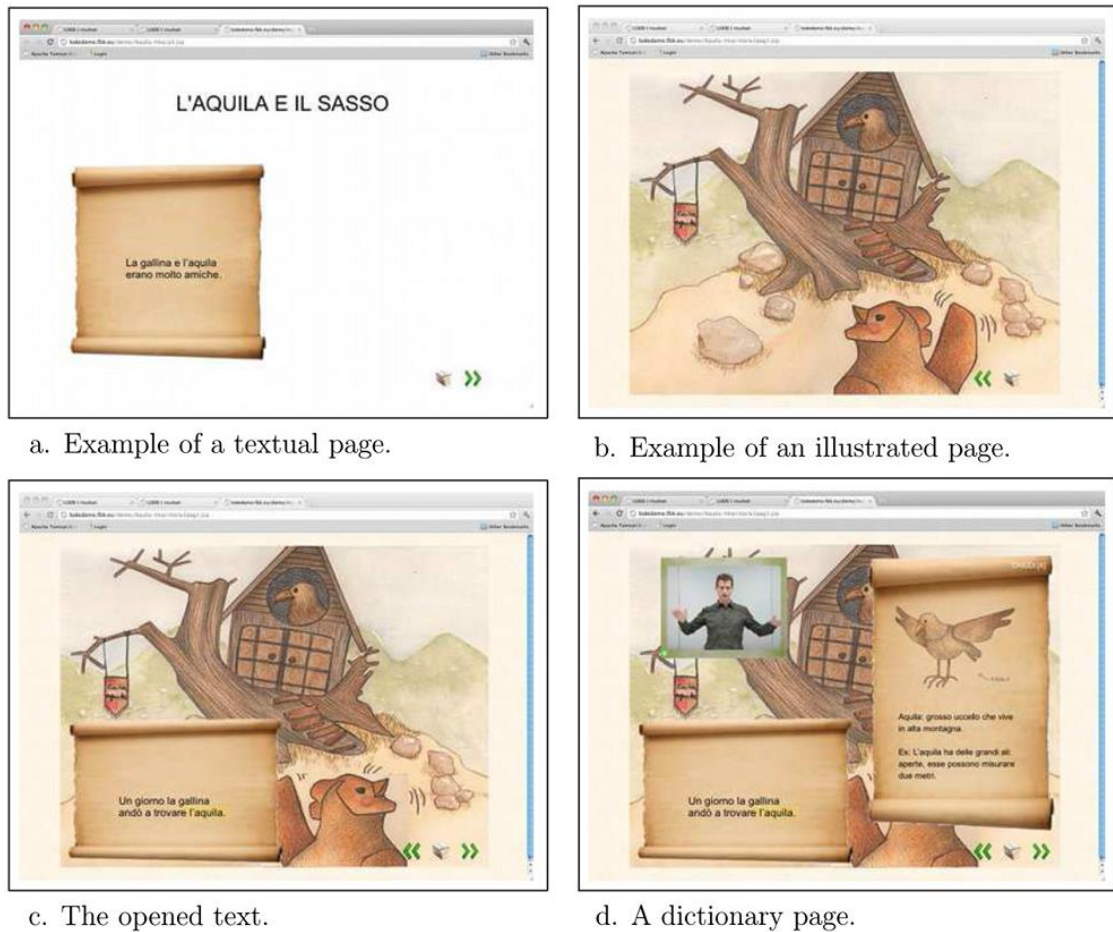
3.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Pode-se observar que há pouco esforço da comunidade de computação em produzir trabalhos significativos relacionados à educação inclusiva, pois grande parte é direcionado a educação de surdos isoladamente (ROCHA et al, 2014). O mesmo autor retrata alguns trabalhos apontados em sua revisão sistemática, onde são analisados os estudos publicados entre os anos de 2003 a 2013, que confirmam essa visão, como por exemplo: Sadeghi et al. (2007), que traz um sistema de ensino a distância baseado na Web para surdos; Guimarães et al. (2013), trata do bilinguismo para surdos através da proposta de uma arquitetura pedagógica; Belsis et al. (2012), trazem uma proposta de educação para surdos disposta em dispositivos móveis; Drigas et al. (2008), têm seu trabalho direcionado ao ensino de inglês para deficientes auditivos cuja língua materna é a língua de sinais; Weaver et al. (2010), direcionam sua proposta a pais ouvintes que possuem filhos surdos; e, por fim, Mich et al. (2013), que propõe um ambiente focado num modelo que atenda tanto a criança surda, quanto a ouvinte.

A revisão sistemática foi estendida de Rocha et al. (2014), compreendendo também os anos de 2014 e 2015, onde após uma avaliação de qualidade realizada com os estudos selecionados, o mesmo estudo foi apontado como sendo o melhor dentre estes. Tal estudo é apresentado por Mich et al. (2013), identificado como o único trabalho fortemente relacionado, pois encontra-se dentro da proposta da educação inclusiva considerando crianças surdas e ouvintes.

Sendo assim, Mich et al. (2013) apresenta uma versão evoluída de uma ferramenta Web de alfabetização para crianças surdas com base em histórias e exercícios de compreensão de leitura. O mesmo é dividido em duas partes sequenciais. Na primeira parte, o texto das histórias é apresentado às crianças no contexto de páginas Web animadas. Depois, um *feedback* dinâmico inteligente é dado aos usuários após resolver os exercícios. O mesmo estudo foi caracterizado como um Sistema Tutor Inteligente (STI) e utiliza como técnicas computacionais: Design Centrado no Usuário; Processamento de Linguagem Natural; e Arquitetura Cliente-Servidor. Na Figura 5, são apresentadas algumas telas da interface do sistema proposto pelo estudo.

Figura 5: LODE-2: some screen-shots (disponível em Mich et al, 2013)



O estudo realizou experimentos com crianças surdas e ouvintes de diferentes idades, classificadas como: crianças surdas mais jovens (younger deaf); crianças surdas mais velhas (older deaf); crianças ouvintes mais jovens (younger hearing); e crianças ouvintes mais velhas (younger hearing). Para as crianças mais jovens, a faixa etária foi definida entre 8 e 11 anos de idade, já para as crianças mais velhas, a faixa ficou entre 12 e 14 anos de idade. O mesmo estudo compara o desempenho desses perfis de crianças e comprova que as crianças ouvintes têm um ganho relativamente alto em comparação às crianças surdas.

Apesar desse estudo ser fortemente relacionado com o objetivo desta dissertação, há uma pequena diferença no contexto de aplicação, pois o mesmo trabalha as fases posteriores da alfabetização, ou seja, quando a criança já tem algum conhecimento do alfabeto, tratando especificamente de palavras e estruturação de sentenças. Diferentemente, esta dissertação propõe uma intervenção nas primeiras fases do processo alfabetizatório, ou seja, na aquisição do alfabeto escrito da Língua Portuguesa e da Língua Brasileira de Sinais.

4 UMA TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Este capítulo apresenta um modelo teórico baseado na Semiótica de Peirce, descrevendo o funcionamento dos processos de significação das crianças surdas e ouvintes referente ao aprendizado do alfabeto da língua portuguesa escrita e da Libras, com alguns de seus sinais.

Posteriormente, descreve-se os passos para a elaboração de uma tecnologia assistiva que incorpore tal modelo, a fim de ser aplicável em um cenário real. Por fim, será mostrado um estudo de caso, ou seja, um exemplo de execução para um melhor entendimento sobre todo o processo de significação das crianças.

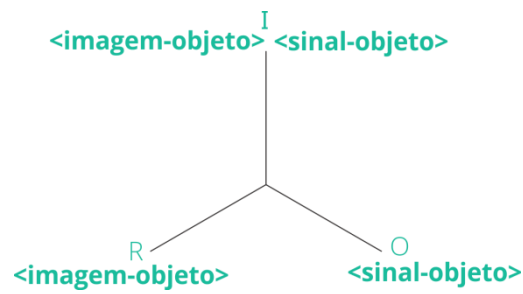
4.1 O MODELO BASEADO NA SEMIÓTICA PEIRCEANA

Em um processo de alfabetização, as crianças ouvintes utilizam o canal auditivo e visual para receber determinada informação enquanto que as crianças surdas utilizam somente o campo gesto-espaco-visual. As duas falam línguas diferentes, ou seja, o Português e a Libras. Porém, ambas as línguas podem ser compreendidas através de signos apresentados em forma de sons, grafemas, imagens, símbolos ou expressões faciais e corporais. Desta forma, nesta seção serão apresentados dois modelos baseados na semiótica de Peirce (1977), entendendo as relações triádicas como base das construções de raciocínio das crianças, e o modelo referenciado por Eco (1986) para compreender quais os possíveis caminhos a serem trilhados num complexo rizoma de signos.

Considerando um possível caminho para a criança em seu processo de aprendizagem de grafemas, sons, datilologia, e sinais, criou-se um modelo onde sugerimos à criança uma sequência de relações, onde a mesma é levada a construir novos signos através de associações entre os signos apresentados. Esta sequência é apresentada em quatro relações complexas, onde relacionamos: (1) uma imagem de um objeto do mundo físico com o seu sinal em Libras; (2) a mesma imagem com um grafema, ou seja, letra escrita na Língua Portuguesa; (3) este grafema com a respectiva letra em datilologia/alfabeto manual da língua de sinais; e por fim, (4) todos os signos anteriores aos seus respectivos *Objetos*, em uma forma de redundância.

Na primeira relação, conforme ilustrada na Figura 6, queremos obter a relação entre a imagem de um objeto e seu respectivo sinal em Libras, portanto temos a imagem como *Representâmen* desta relação, o sinal como seu *Objeto*, e como resultado cognitivo a relação simbólica "imagem = objeto".

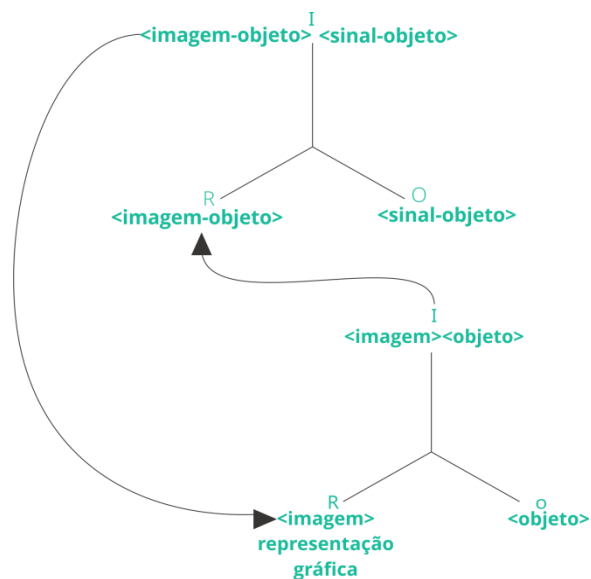
Figura 6: Primeira Relação



Fonte: O autor, 2016.

Percebe-se que o Representâmen da relação não é o objeto físico em si, mas um signo que deriva deste, como exemplo, o animal cachorro, que é apresentado a criança através de uma imagem. Portanto, este Representâmen deriva de outros Interpretantes de relações anteriores, pois como no exemplo apresentado no Capítulo 2 (definição de cachorro), se buscarmos pelo significado de <imagem-objeto>, iremos à relação entre imagem e o objeto físico, como visto na Figura 7.

Figura 7: Primeira Relação



Fonte: O autor, 2016.

Como observado na Figura 7, o Representâmen <imagem-objeto> deriva da relação entre imagem e o objeto físico. Assim como se observarmos parte do Interpretante da relação principal (<imagem-objeto><sinal-objeto>), podemos nos questionar, o que seria <imagem-objeto>? Então retornaríamos ao Representâmen de sua relação anterior. E se perguntássemos novamente sobre o significado do Representâmen desta sub-relação? Teríamos então o significado do signo <imagem>, e assim infinitamente (Figura 8).

Com isso chegamos ao final da primeira relação complexa, onde foi trilhado um caminho de raciocínio para estabelecer relação entre imagem, som, multimeio, e sinal de um objeto do mundo físico. Com isso, podemos utilizar este Interpretante como parte do Representâmen de uma próxima relação complexa.

Como observado na Figura 9, o Objeto da relação principal estava classificado como <objeto-A>, pois no modelo proposto temos a presença de dois Objetos semanticamente distintos, um relacionado com a coisa referenciada no mundo físico, e outro com uma letra de algum alfabeto. Portanto durante todo o modelo usaremos a distinção <objeto-A> e <objeto-B>.

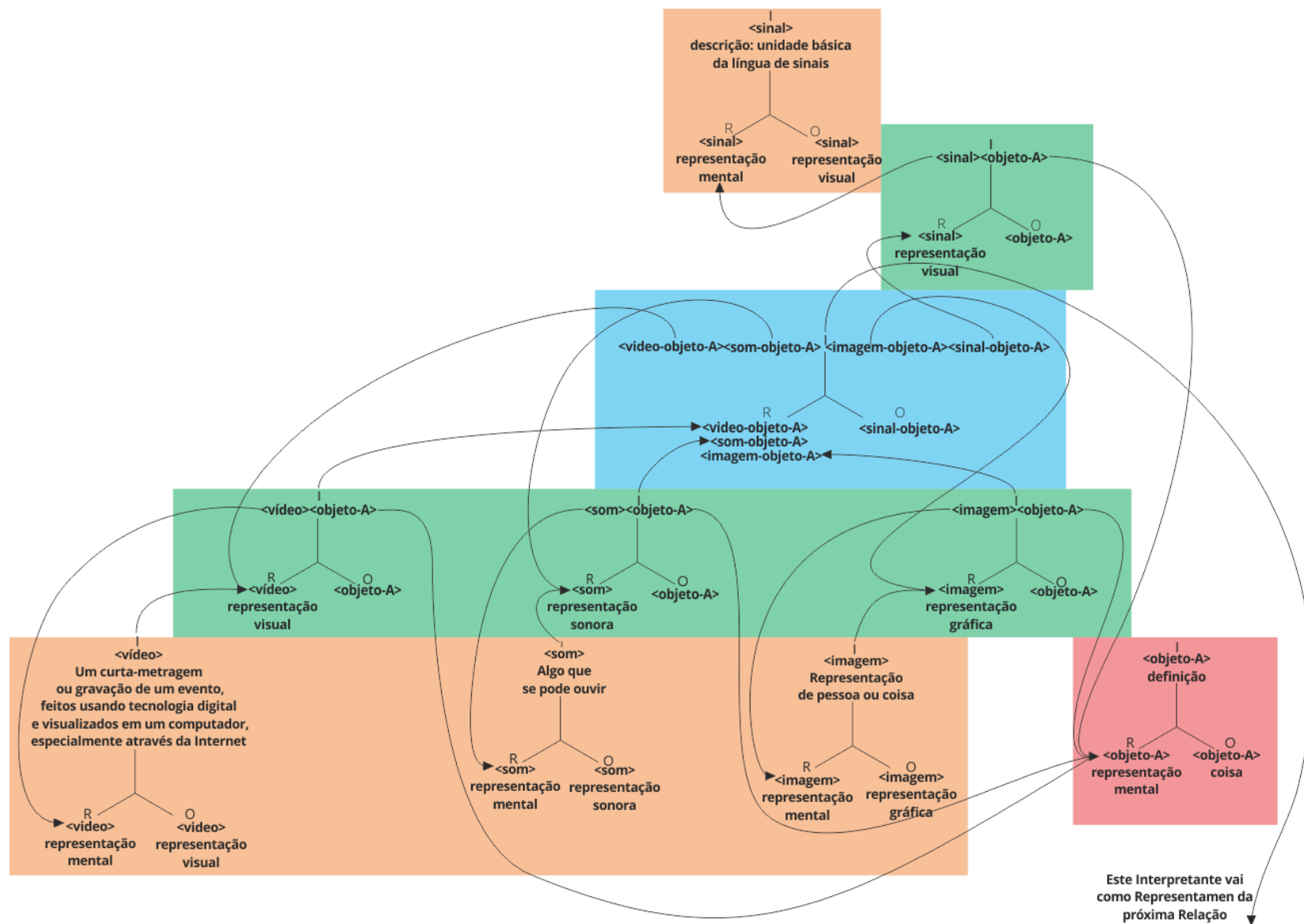
Na segunda relação complexa (Figura 10) queremos relacionar o <objeto-A> apresentado na relação anterior com o <objeto-B> relacionado a uma letra de algum alfabeto (Língua Portuguesa escrita ou Libras). Portanto como Interpretante desta relação indicial (Camada 1) temos os termos <multimeio-objeto-A>, <som-objeto-A>, <imagem-objeto-A>, <som-objeto-B> e <grafema-objeto-B>, onde o termo multimeio está relacionado a alguma forma analógica ou digital de transmissão de informação, e som está relacionado ao momento da fala/escuta de determinada coisa por algo ou alguém. Aqui a relação é dita como indicial pois há a referência do Representâmen (classificado como Índice de acordo com a segunda tricotomia) que está associado de alguma forma com o <objeto-B>, em algumas características. Como por exemplo, a relação "Cachorro" contem "C", ou "C" de "Cachorro".

Portanto, seguindo a mesma lógica da primeira relação complexa, temos que dirimir essa relação com vários termos em relações menores, contidas nas Camadas 2 e 3, chegando às unidades celulares envolvidas (relações simples). Porém, a partir deste momento as relações menores podem divergir em suas unidades celulares apontando para Objetos diferentes, como é o caso de <grafema-objeto-B> (Camada de Objeto) (Figura 10).

Voltando ao Interpretante desta relação complexa (Figura 10), este pode então ser utilizado como Representâmen de uma próxima relação. Esta por sua vez é a terceira relação complexa (Figura 11), onde deseja-se estabelecer a relação simbólica entre os elementos <multimeio-objeto-B>, <som-objeto-B>, <grafema-objeto-B> e <datilologia-objeto-B>. Ou seja, nesta relação deseja-se estabelecer o Interpretante como a conexão semântica de igualdade entre uma letra do alfabeto da língua portuguesa escrita e uma letra do alfabeto datilológico da Libras.

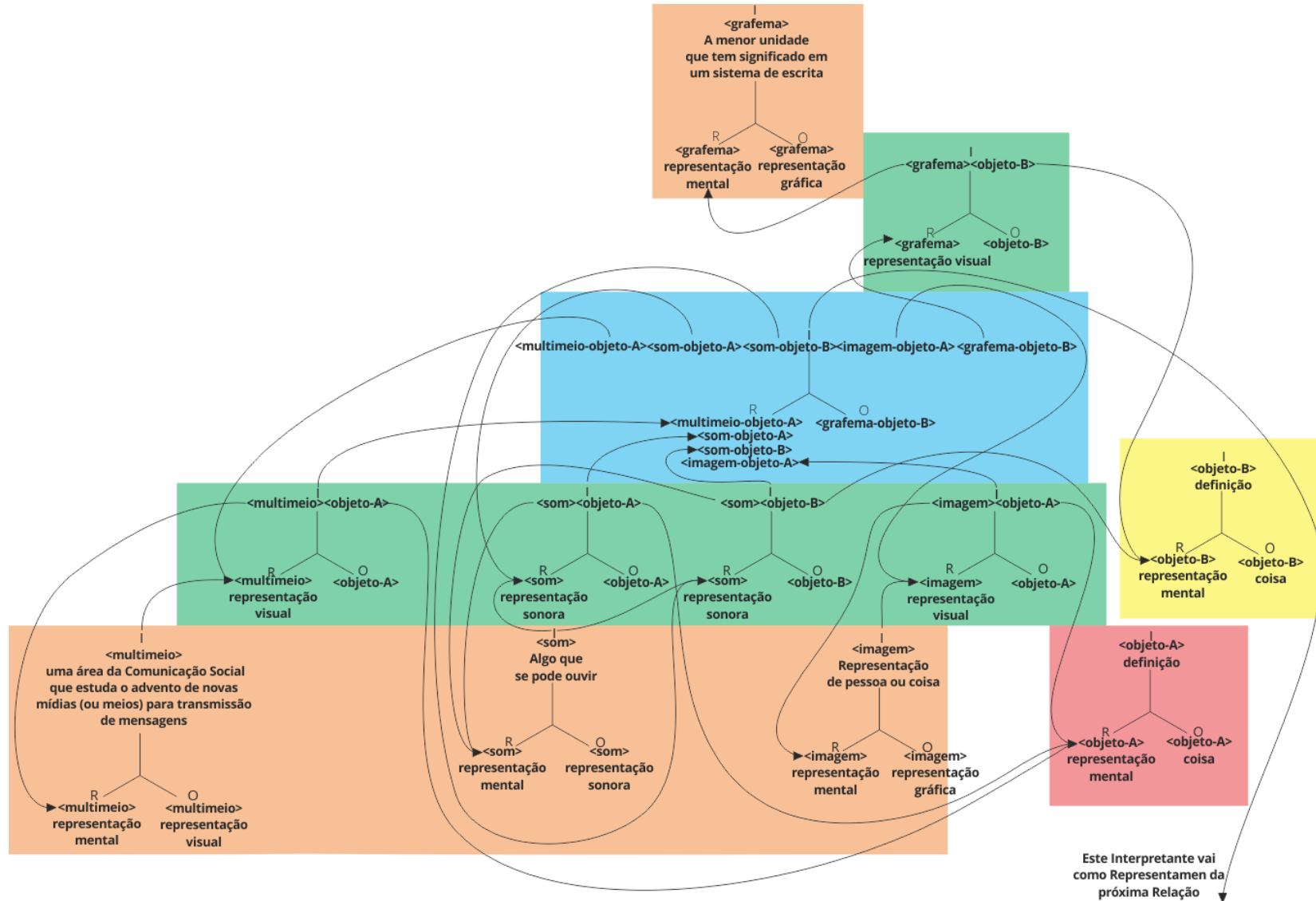
Depois de estabelecer relação entre os elementos relacionados ao <objeto-A> e ao <objeto-B>, sendo o primeiro alguma coisa do mundo físico e o segundo uma letra de algum alfabeto, caracterizados nas línguas portuguesa e de sinais, apresentamos a quarta e última relação proposta pelo modelo (Figura 12). Esta tem algumas diferenças com relação as demais, pois trata-se de uma redundância, ou seja, agora todos os elementos aparecerão em uma sequência lógica afim de firmar os conceitos já vistos (Camada 0). Desta forma, queremos relacionar o Representâmen composto pelos elementos: <multimeio-objeto-A>; <som-objeto-A>; <imagem-objeto-A>; <sinal-objeto-A>; <multimeio-objeto-B>; <som-objeto-B>; <grafema-objeto-B>; <datilologia-objeto-B> com o Objeto composto por: <objeto-A> e <objeto-B>. Desta maneira, todos os elementos se relacionam de alguma forma com os próprios objetos do mundo físico apontados nas unidades celulares das relações menores já vistas (Camadas 1, 2 e 3). Cabe ressaltar que este não é o único caminho de raciocínio que uma mente interpretante pode realizar, porém é um possível meio, onde a pessoa é induzida a realizar essa cadeia de associações.

Figura 9: Primeira Relação Complexa



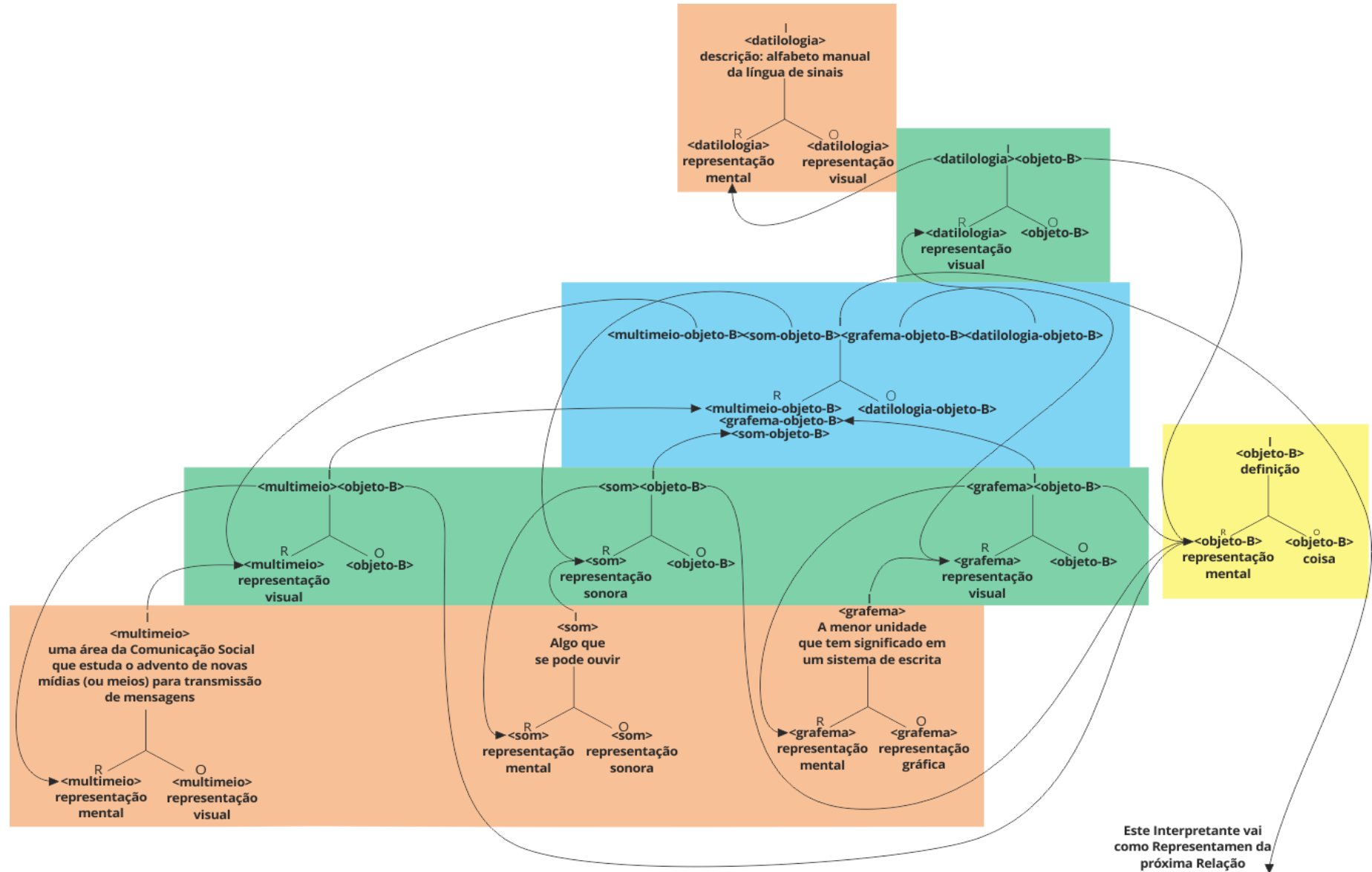
Fonte: O autor, 2016.

Figura 10: Segunda Relação Complexa



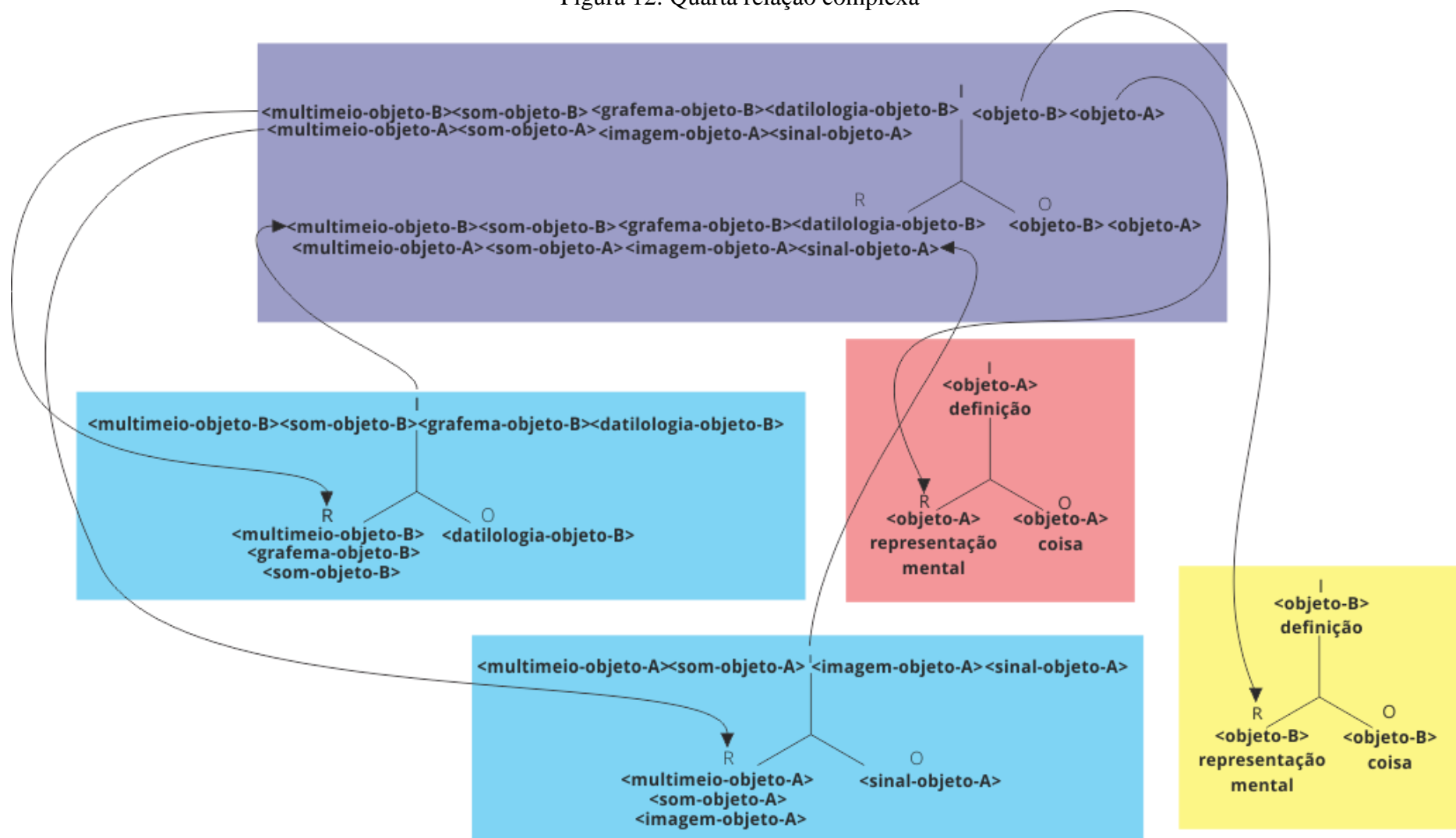
Fonte: O autor, 2016.

Figura 11: Terceira Relação Complexa



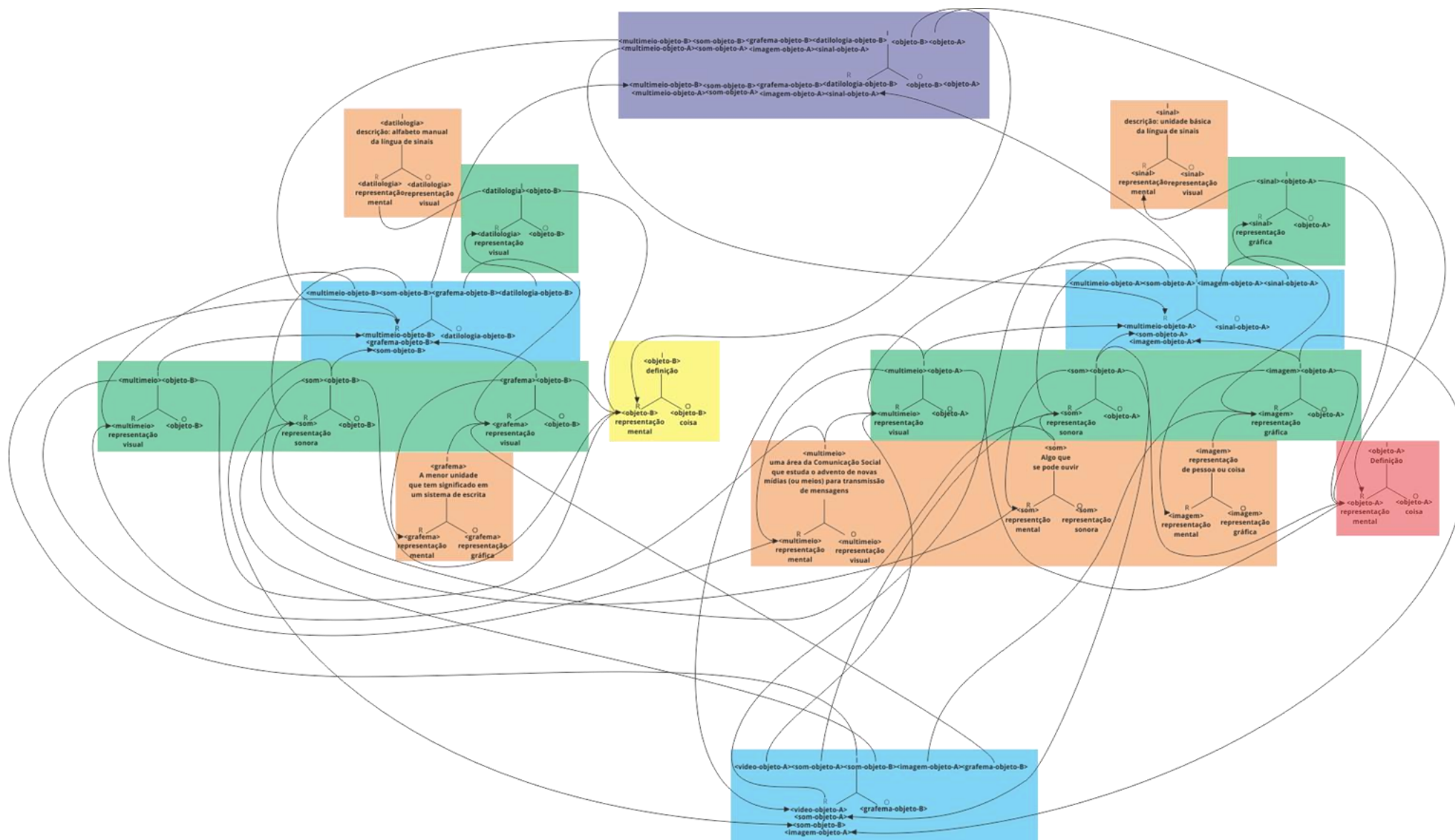
Fonte: O autor, 2016.

Figura 12: Quarta relação complexa



Fonte: O autor, 2016.

Figura 13: Visão Geral do Modelo



Como observado na Figura 12, a relação principal utiliza os Interpretantes das relações anteriores como Representâmen. Suas sub-relações (Primeira e Terceira relação complexa) estão ocultadas aqui por motivo de espaço para uma boa visualização. A Figura 13 mostra uma visão geral do modelo.

Após a finalização do modelo teórico apoiado pela Semiótica Peirceana, buscou-se uma forma de representar tal modelo de raciocínio em uma tecnologia, tendo em vista que seria um meio viável de intervenção num cenário real, como por exemplo, em uma sala de aula com alunos ouvintes e surdos.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO SEMIÓTICO

No cenário de pessoas que possuem algum tipo de necessidade diferente da maioria, a tecnologia ganha um novo significado, pois é direcionada a assistir tais pessoas, por isso é chamada de Tecnologia Assistiva.

Porém, vale ressaltar que o termo "deficiência", embora seja utilizado pela legislação, aqui é tratado como "necessidade", pois o surdo brasileiro possui apenas necessidade de comunicação, e deve ter acessibilidade em sua língua materna.

Visando sanar esta necessidade, foi desenvolvida uma tecnologia assistiva, que incorpora o modelo descrito anteriormente, possibilitando sua aplicabilidade num cenário real, como por exemplo, uma sala de aula contendo alunos surdos e ouvintes utilizando a tecnologia proposta através de dispositivos móveis, computadores de mesa e portáteis.

Essa tecnologia assistiva é um software aplicativo apresentado à criança como uma espécie de jogo, onde a mesma aprende o conteúdo com o auxílio de um avatar 3D, conteúdo este referente ao alfabeto da Língua Portuguesa e da Libras, assim como alguns de seus sinais.

A seguir serão mostrados aspectos acerca do desenvolvimento da aplicação proposta, tais como: uma visão geral do ambiente de desenvolvimento; a noção de "cenas" ou interface do usuário; e como os elementos gráficos (e.g. animações) são controlados.

4.2.1 Visão geral

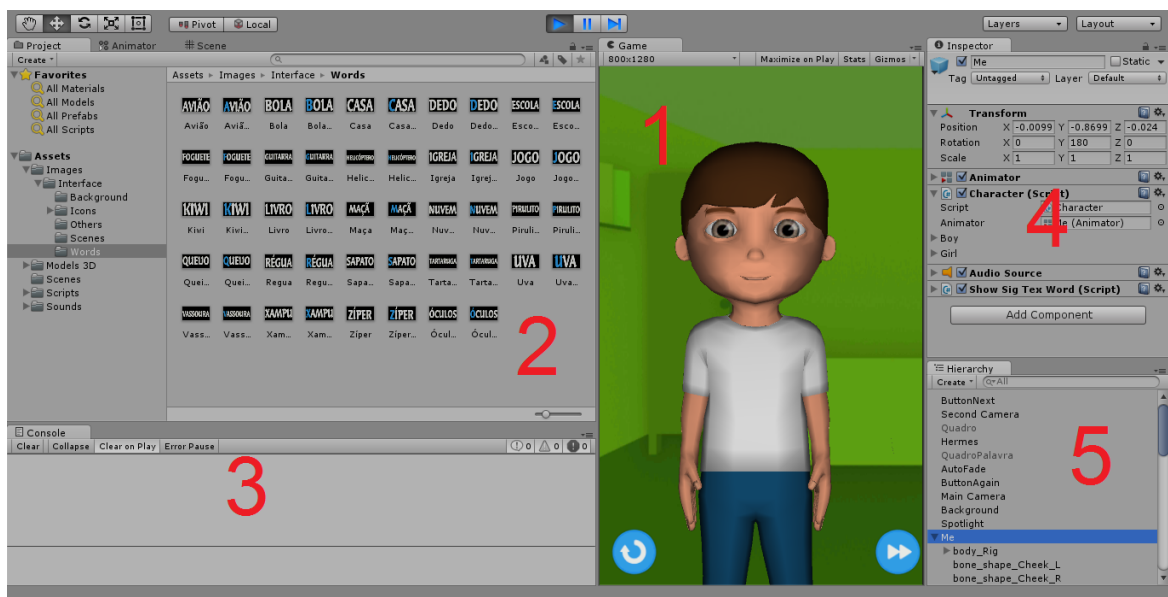
Para a construção do aplicativo foram elencados alguns motores de jogo, como: Unity 3D; Unreal Engine; CryEngine; HeroEngine e Rage Engine. Dentre eles a plataforma Unity se

destacou por apresentar um maior número de pontos positivos, como: fácil usabilidade; bom suporte da comunidade; compatibilidade com várias plataformas; exportação para várias plataformas como Windows, Mac, Linux, Android, iOS, Xbox 360, PS3, Web e Blackberry; e uma documentação completa referente a gráfico, física de objetos, scripts, redes e multiplayer, áudio, animação, interface e arquitetura (UNITY, 2015).

A plataforma Unity suporta três linguagens de programação, sendo elas C#, UnityScript (variação do JavaScript) e Boo. Todavia, por ter um acervo maior e documentação mais detalhada nas comunidades Web, a linguagem C# foi escolhida. Esta engine consegue exportar o mesmo projeto para várias plataformas e dispositivos, o que possibilita o reúso e adaptabilidade referente a um contexto real de aplicação, como por exemplo, *desktops*, *notebooks*, *tablets* e *smartphones*, com diferentes sistemas operacionais.

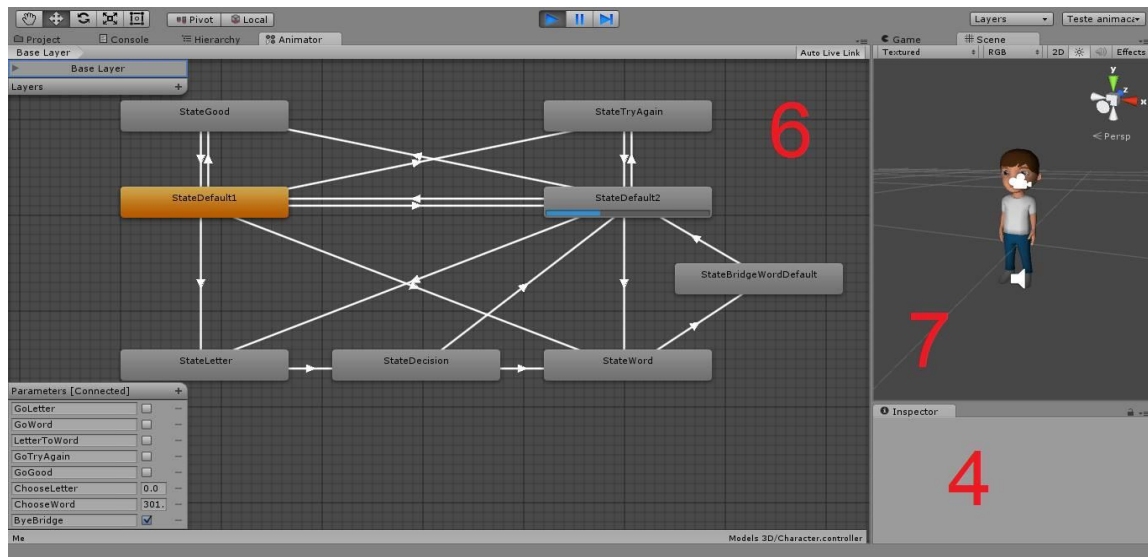
A aplicação criada na plataforma Unity está estruturada em cenas, onde cada uma destas possuem objetos relacionados. Seu *layout* (Figuras 14 e 15) permite uma visualização da integração destes objetos 3D com scripts e propriedades, fazendo com que esses objetos possuam algum tipo de comportamento, onde este é acionado de acordo com a interação do usuário.

Figura 14: Layout da Unity com o projeto da aplicação



Fonte: O autor, 2016.

Figura 15: Layout da Unity com o projeto da aplicação



Fonte: O autor, 2016.

Como observado nas Figuras 14 e 15, a *layout* está subdividido de forma a obter uma melhor visualização de desenvolvimento e integração dos componentes envolvidos na aplicação. As áreas demarcadas com um número em cor vermelha são descritas como:

1. *Game*: Exibe a cena do jogo em execução, simulando a tela do dispositivo do usuário em qualquer resolução;
2. *Project*: Dá acesso a todos os arquivos usados no projeto;
3. *Console*: Lista mensagens de objetos, erros que ocorrem em tempo de execução e mensagens de debug para teste;
4. *Inspector*: Exibe os componentes relacionados a um objeto qualquer, sejam esses textura, áudio, modelo 3D e sua posição, script, animação, etc.;
5. *Hierarchy*: Lista todos os objetos em cena e a hierarquia que há entre estes;
6. *Animator*: Essa aba tem os componentes necessários para fazer o controle de animações do objeto em questão. Cada retângulo é um estado com uma animação e cada seta exibe qual animação será executada após seu término conforme os estados dos parâmetros, sejam verdadeiros ou falsos. Esse controle é criado via programação;
7. *Scene*: Essa aba exibe a cena por completo com visualização 3D para manipular os objetos. Diferentemente da aba “Game”, não é visto apenas o que aparece para o

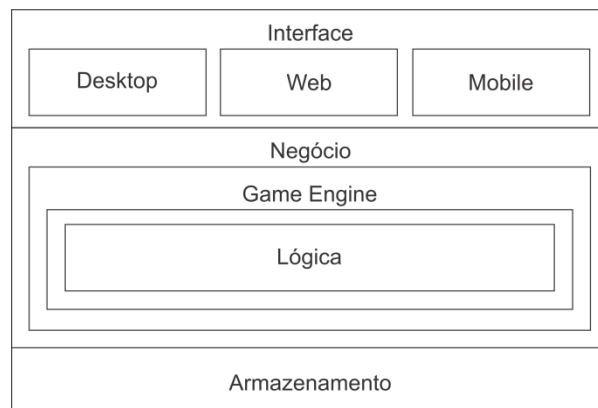
usuário, mas todos os objetos e componentes visíveis e/ou invisíveis que constituem a cena.

4.2.2 Arquitetura

A arquitetura da Aplicação (Figura 16) está dividida em Interface do Usuário, Camada de Negócio e Armazenamento, onde na primeira o aplicativo pode ser mostrado ao usuário como aplicação *desktop*, *web* ou *mobile*.

Na camada de Negócio, temos o motor de jogo Unity (*Game Engine*) como software base, provendo elementos gráficos e uma robusta API de scripts para manipulação de tais elementos. Dentro da *engine* temos a lógica desenvolvida para o controle de cenas, personagens, fases e exercícios. Tal lógica faz persistência com a camada de armazenamento provida pela *engine*. Cabe ressaltar que como a *engine* Unity é proprietária, decidiu-se abstrair sua arquitetura interna, enxergando-a como um componente caixa preta dentro da arquitetura da aplicação principal.

Figura 16: Arquitetura da Aplicação

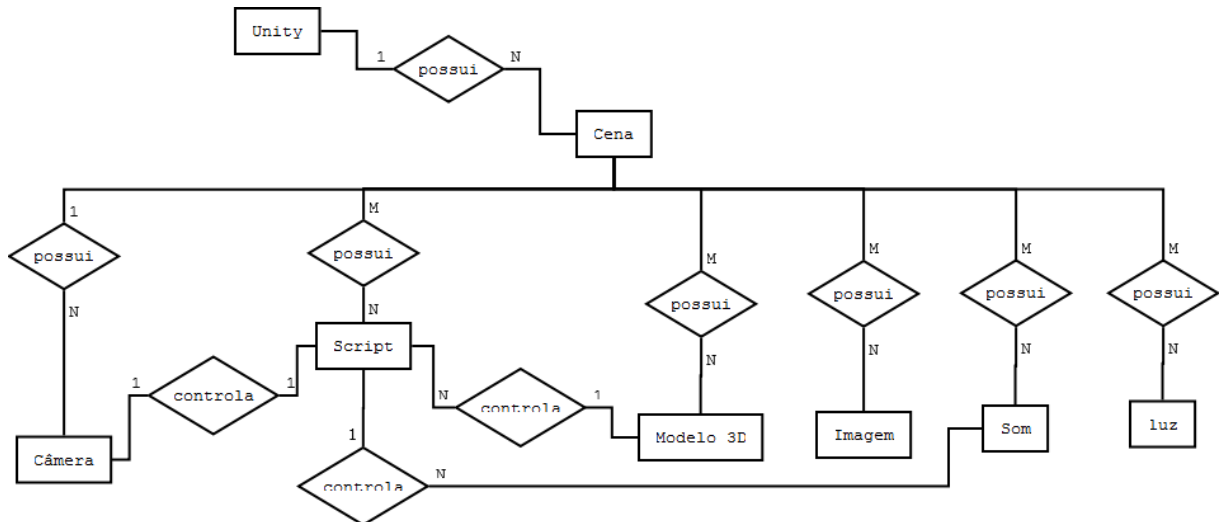


Fonte: O autor, 2016.

4.2.3 Cenas ou interface do usuário

Como dito anteriormente, usou-se o conceito de "cenas", onde cada cena possui apenas objetos relacionados a esta. Este conceito se deve ao fato de usarmos um espaço tridimensional com a presença de objetos, luzes e câmeras, e podemos entendê-la como cada tela que é apresentada ao usuário, tendo como a câmera como seu ponto de observação (Figura 17). No Unity todas as cenas são parte de um projeto, porém só é possível carregar uma cena por vez, afim de manter uma melhor organização no desenvolvimento.

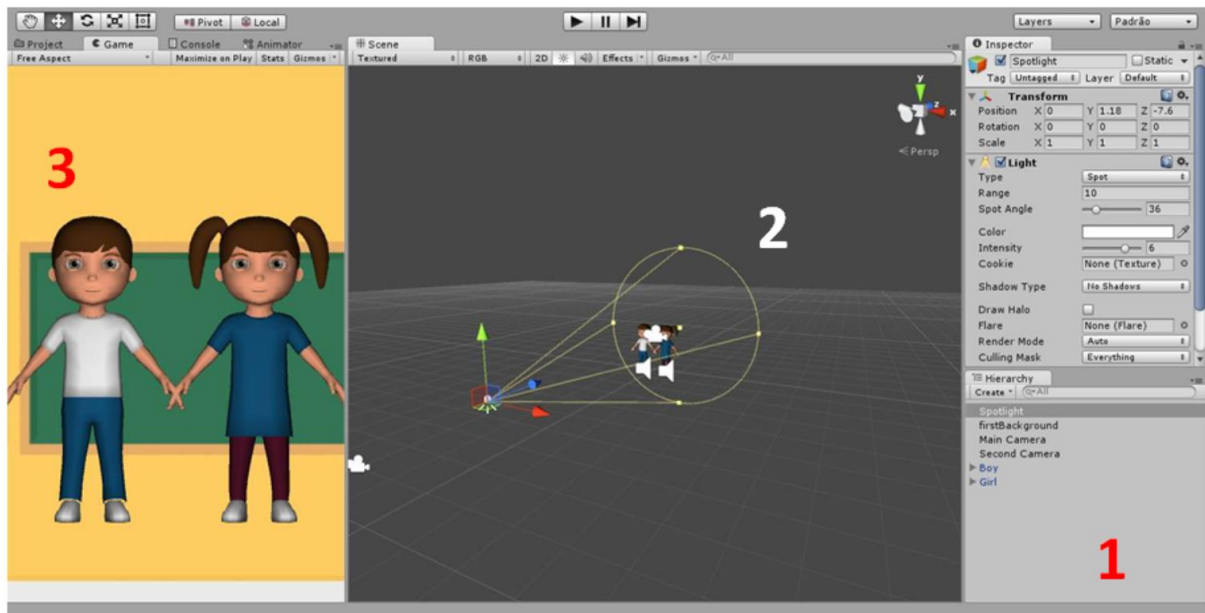
Figura 17: Estrutura do Unity



Fonte: O autor, 2016.

No diagrama Entidade-Relacionamento (Figura 17), estruturalmente o Unity é organizado em cenas, que por sua vez possuem luzes, imagens, *scripts* que controlam modelos 3D, câmeras e sons. Todos esses objetos podem ser compartilhados e/ou enviados para outras cenas dentro do Unity.

Figura 18: Cena

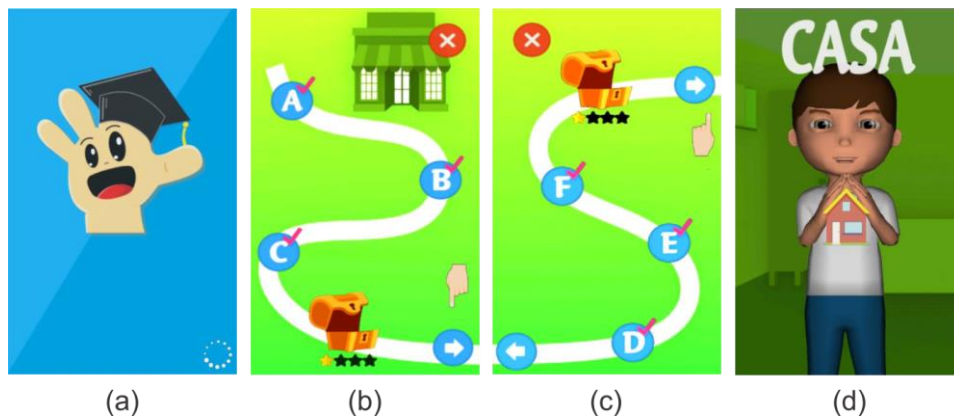


Fonte: O autor, 2016

Como visto na Figura 18, a cena é organizada de forma a compreender como se dá a integração de todos os elementos envolvidos, assim como será a visualização final por parte do

usuário. Na mesma figura, a área em (1) aponta a guia *Hierarchy*, que mostra todos os objetos em cena, como: luz; *background* ou plano de fundo; câmera; personagem masculino e feminino, mesmo que estes não estejam visíveis na área 3D. Já na área apontada em (2) temos o plano tridimensional, onde todos estão dispostos no ambiente de forma mais aproximada do real, ainda com visão de desenvolvimento. Por fim, em (3) temos a guia *Game*, onde é mostrado um resultado parcial da visualização da aplicação para o usuário. O resultado disto é representado de forma que uma cena seja igual a uma tela do aplicativo.

Figura 19: Telas da Aplicação



Fonte: O autor, 2016.

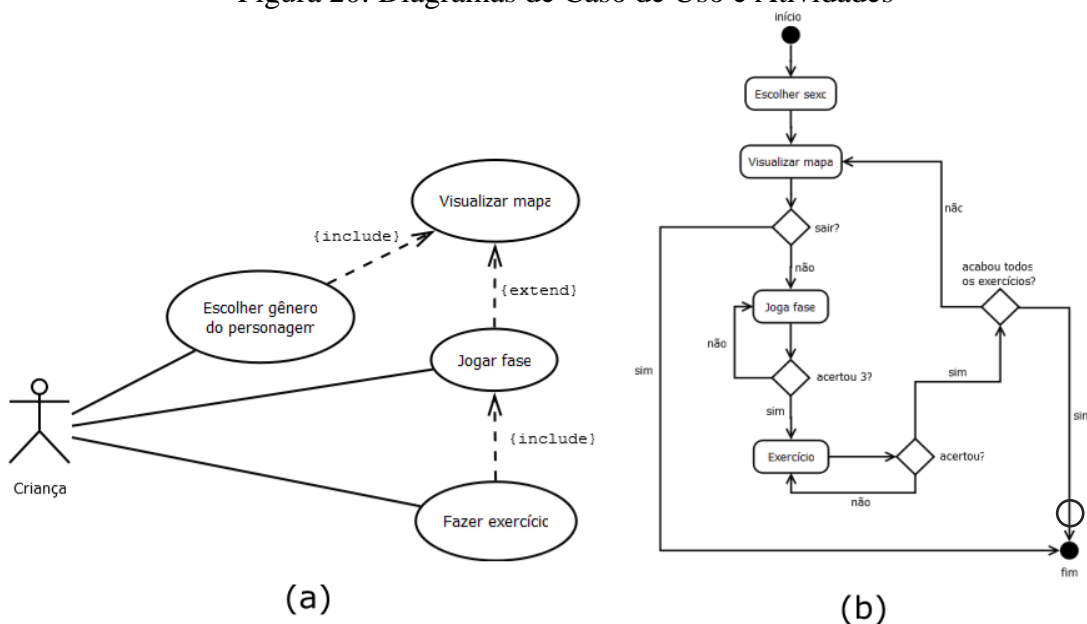
Partindo agora da visualização do usuário final, percebemos qual a sequência de passos que o mesmo deve executar de acordo com as instruções presentes na aplicação. Tal sequência começa (Figura 19 (a)) com o carregamento da aplicação, representado pelo círculo no canto inferior direito da tela, juntamente com o logotipo que a identifica. Logo em seguida o usuário é levado para um mapa (Figura 19 (b) e Figura 19 (c)), onde cada fase é representada por uma letra do alfabeto, e o baú simboliza o exercício ou desafio, onde é solicitado do usuário um conhecimento específico referente às fases recentemente vistas.

As estrelas localizadas abaixo do baú (Figura 19 (b) e Figura 19 (c)) representam recompensa, onde o usuário começa a priori com todas as estrelas, e a medida em que erra, é decrementado do total de estrelas, baseado em algumas regras, assim o usuário ganha o maior número de estrelas quando erra menos vezes, ou acerta mais. Ainda é permitido que o usuário execute qualquer fase ou exercício para melhorar sua pontuação referente a quantidade de estrelas por exercício/desafio.

Ainda, nas mesmas telas referentes ao mapa, é indicado para o usuário o local de clicar ou apertar caso o mesmo demore a executar uma ação, ou seja, o usuário é guiado por um tutorial de usabilidade da aplicação, indicando qual será o próximo passo. Também nessas telas, temos o botão sair, representado pelo botão vermelho com um "X", localizado no canto superior da tela, permitindo ao usuário sair salvando o estado atual da aplicação.

Por fim, chegamos à principal tela da aplicação proposta (Figura 18 (d)), onde temos a presença de um avatar 3D, representado por um menino ou uma menina. Nesta tela são apresentados os conteúdos referentes ao modelo teórico citado na seção anterior, como por exemplo, figuras, letras escritas da língua portuguesa, datilografia (letras do alfabeto manual da língua de sinais) e sinais de Libras, controlados por código.

Figura 20: Diagramas de Caso de Uso e Atividades



Fonte: O autor, 2106.

O Diagrama de Caso de Uso (Figura 20 (a)) mostra quais as possíveis ações do usuário dentro da aplicação, como visualizar mapa, jogar fase e executar o exercício. Também podemos observar a mesma sequência mais detalhadamente no Diagrama de Atividades (Figura 20 (b)), onde o usuário ao iniciar o aplicativo, escolhe o gênero do personagem, e é dirigido ao mapa, onde o mesmo tem acesso a todas as fases. A partir desse momento, o usuário pode tomar a decisão de começar a jogar, ou sair do aplicativo, caso escolha jogar, o mesmo terá que realizar três fases com sucesso, para então realizar o exercício que cobrirá o conteúdo referente às três fases recentemente vistas. Caso o usuário erre o exercício, terá que refazê-lo, até que consiga

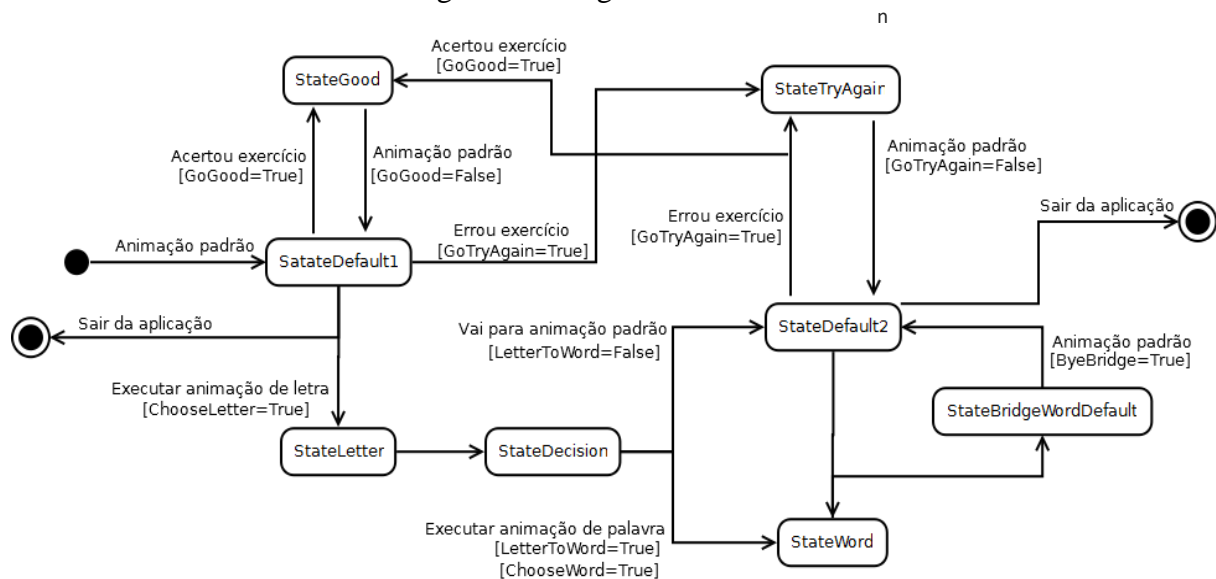
acertar, e ao final de todos os exercícios, chegamos ao final de todo o processo de aprendizagem. Cabe ressaltar que o usuário pode realizar a mesma fase ou exercício inúmeras vezes, pois o intuito é de fixar os conteúdos apresentados através das relações de significação propostas no modelo semiótico.

4.2.4 Controle das animações

No Unity, especificamente na guia *Animator*, cada retângulo (Figura 15) é um estado representado por um nó de um grafo de animações, onde esses nós possuem uma identificação e ligações lógicas entre si. Tal ligação é representada por uma seta, onde na execução da sequência dos nós, temos a ideia de fluxo.

O diagrama de estados (Figura 21) mostra todos os estágios de controle das animações. Sendo assim, ao iniciar o processo a primeira animação é executada através do *StateDefault1*, que guarda a animação padrão do personagem simplesmente se mexendo de um lado para o outro. Em seguida, a próxima animação pode ser a execução de uma letra do alfabeto manual da língua de sinais, através do *StateLetter*, através da mudança da variável de controle *ChooseLetter* para o valor *True*, ou para a animação de reforço positivo (contendo a expressão "Parabéns! Você acertou!"), através do estado *StateGood*, através da variável *GoGood*. A partir do Estado *StateLetter*, o estado posterior acionado é o *StateDecision*, que contém as variáveis *LetterToWord* e *ChooseWord*, onde caso recebam o valor *True*, passa-se para o *StateWord*, caso recebam *False* então o estado *StateBridgeWordDefault* é acionado como ligação para o estado *StateDefault2*, que contém a mesma animação padrão do *StateDefault1*. A partir de então, caso a variável de controle *GoTryAgain* receba o valor *True*, passamos para o estado *StateTryAgain*, que possui a animação referente a expressão "Tente novamente", caso a variável *GoGood* receba o mesmo valor, o estado *StateGood* é acionado. O fluxo pode ser finalizado apenas partindo da animação padrão, presente nos estados *StateDefault1* e *StateDefault2*.

Figura 21: Diagrama de estados



Fonte: O autor, 2016.

Através desse conjunto de estados, parâmetros e ligações, há uma manipulação das animações que são executadas pelo personagem 3D exibido no tela do usuário. Dessa forma, toda a aplicação busca integrar elementos gráficos com comportamentos acionados pelo usuário, sendo que tais comportamentos são controlados via código. Para visualização dos *scripts* e uma breve explicação dos mesmos, vide Apêndice A.

4.3 INSTÂNCIA DO MODELO SEMIÓTICO

Para demonstrar os conceitos acima expostos, podemos citar como exemplo o aprendizado da relação entre a letra B grafema, B datilologia, B som e sinal Bola com Objeto Bola. Para um melhor entendimento do mesmo, continuaremos a utilizar a forma de legenda em cores e camadas, ou seja, partindo das camadas com maior número de itens agregados, para suas unidades menores, ou relações simples. Lembrando que a legenda fica: Camada 0 – roxo; Camada 1 – azul; Camada 2 – verde; Camada 3 – Laranja; Objeto A – rosa; e Objeto B – amarelo.

Na primeira relação complexa (Figura 22) queremos que a mente interpretante aprenda o sinal de BOLA em Libras, ou seja a associação de igualdade entre a imagem, um multimeio representando o sinal em Libras e o som da palavra BOLA (Interpretante). Portanto temos os signos: multimeio, imagem; e o som da BOLA como Representâmen, e o sinal executado como Objeto da relação principal (Camada 1).

Note que para que esta relação possa acontecer, outras significações já devem ter acontecido. Nesse caso cada elemento do Representâmen desta relação é fruto de um Interpretante de uma relação menor (Camadas 2 e 3), como por exemplo, o vídeo de um personagem executando o sinal de BOLA; aqui há claramente a relação entre um multimeio (Representâmen) e o Objeto BOLA (Camada 2), e nesta relação se nos perguntarmos o que viria a ser multimeio, então chegamos a uma relação ainda mais anterior (Camada 3), onde há uma representação mental/signo (Representamen) do multimeio que faz relação simbólica com a representação visual (Objeto) do multimeio. O mesmo ocorre para os outros elementos do Representâmen da relação principal, como som de BOLA e imagem da BOLA (Camada 2).

Cabe ressaltar que todas as vezes em que BOLA aparece como Objeto de uma relação, ao subir para o Interpretante da mesma, pode agora ser conectada com o objeto físico BOLA, onde BOLA agora ganha uma definição/significação.

Observando o Interpretante da relação principal, agora o sinal de BOLA é também ligado ao conceito básico de BOLA, que como dito, é também ligado ao objeto físico BOLA (Camada 1).

Partindo agora para a segunda relação complexa (Figura 23), deseja-se que a mente interpretante associe o significado do mesmo objeto físico BOLA ao grafema B, fazendo a associação que "BOLA contém B" ou "B de BOLA".

No Representâmen desta segunda relação temos o multimeio, som e imagem de BOLA, apontando para o Objeto grafema B, e como Interpretante temos todos os signos envolvidos nesta relação (Camada 1). Como na relação anterior, o Representâmen da segunda relação complexa, também tem signos que possuem relações anteriores e menores (Camadas 2 e 3), sendo dirimidas até chegar ao mais próximo do objeto físico BOLA (Camada Objeto A).

Desta vez o Objeto da segunda relação complexa (Figura 23), o grafema B, quando sobe para o Interpretante da relação principal, pode ter uma relação menor atrelada de significado entre a representação visual do grafema (Representâmen) com o Objeto B (Camada 2). Diferente da primeira relação complexa, temos agora dois Objetos distintos envolvidos de forma direta ou indireta na relação principal (Segunda Relação), ou seja, temos os Objetos BOLA e B, que representam nesse modelo as unidades básicas celulares que suportam todas as outras relações construídas a partir delas.

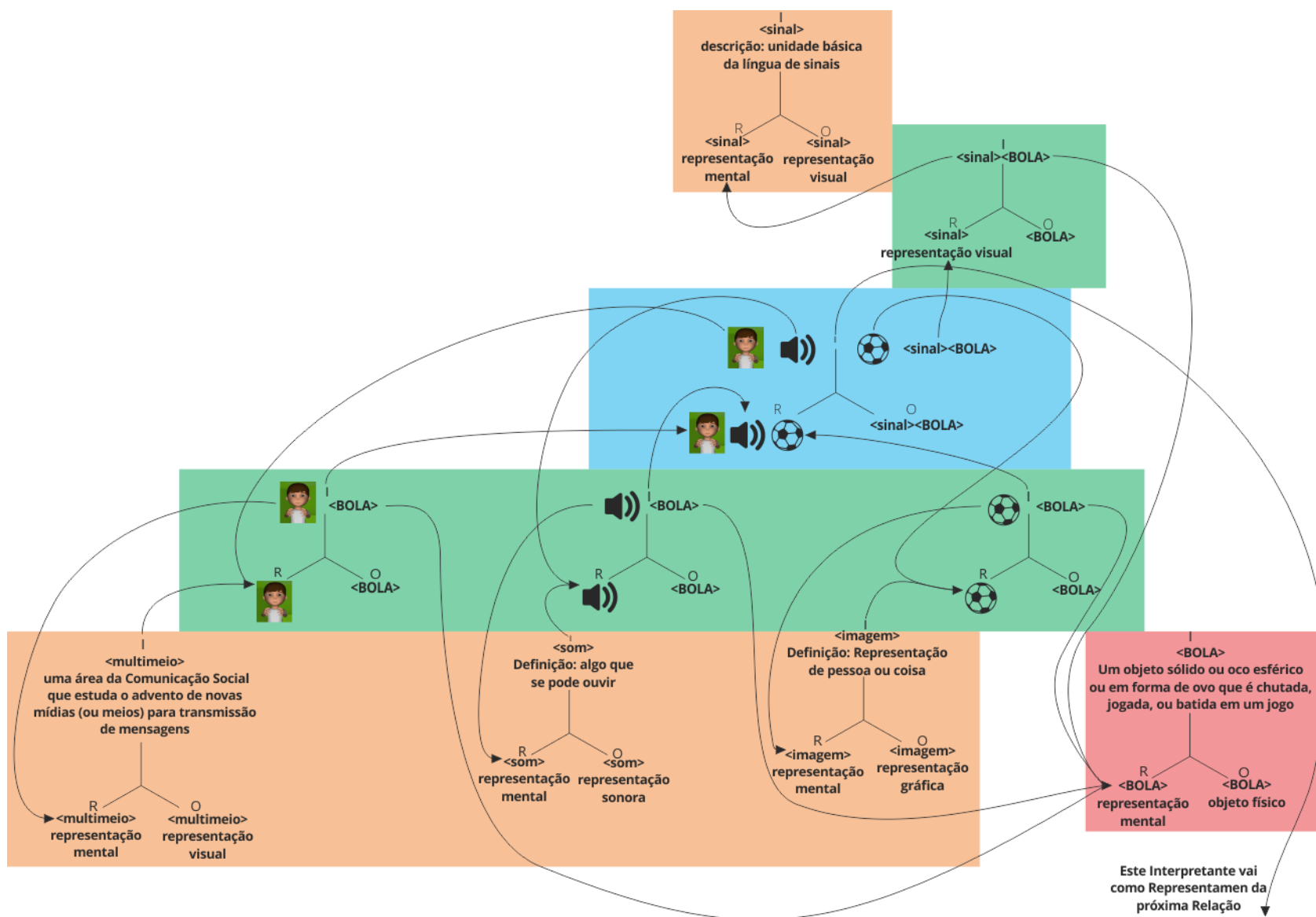
Partindo para a terceira relação complexa (Figura 24), queremos que a mente interpretante aprenda que o grafema B já visto na relação anterior, tenha mesmo valor semântico que a letra "B" do alfabeto manual da língua de sinais.

Portanto, como Representâmen desta terceira relação complexa temos o multimeio do sinal de B, com o som e grafema de B, fazendo relação simbólica com a letra "B" do alfabeto manual da língua de sinais, ou seja, a datilologia. Como já dito, os elementos presentes no Representâmen dessa relação também possuem relações de significação anteriores (Camadas 2 e 3), e todos também apontam no final para o mesmo Objeto B (Camada Objeto B).

Chegando a quarta e última relação complexa (Figura 25) (Camada 0), deseja-se que a mente interpretante seja capaz de perceber que todos os signos apresentados até o momento possuem relação de significação simbólica ou indicial. Portanto em seu Representâmen temos o resultado Interpretante das primeira e terceira relações complexas já apresentadas (Camada 1), numa forma que a segunda também esteja presente. Em seu Representâmen temos o multimeio do sinal, som, grafema e datilologia de B, com o multimeio do sinal, som, imagem e sinal de BOLA, apontando para o Objeto B e BOLA, concluindo assim a linha de raciocínio proposta para associação de signos que representam coisas do mundo real com a Língua Portuguesa e a Língua Brasileira de Sinais.

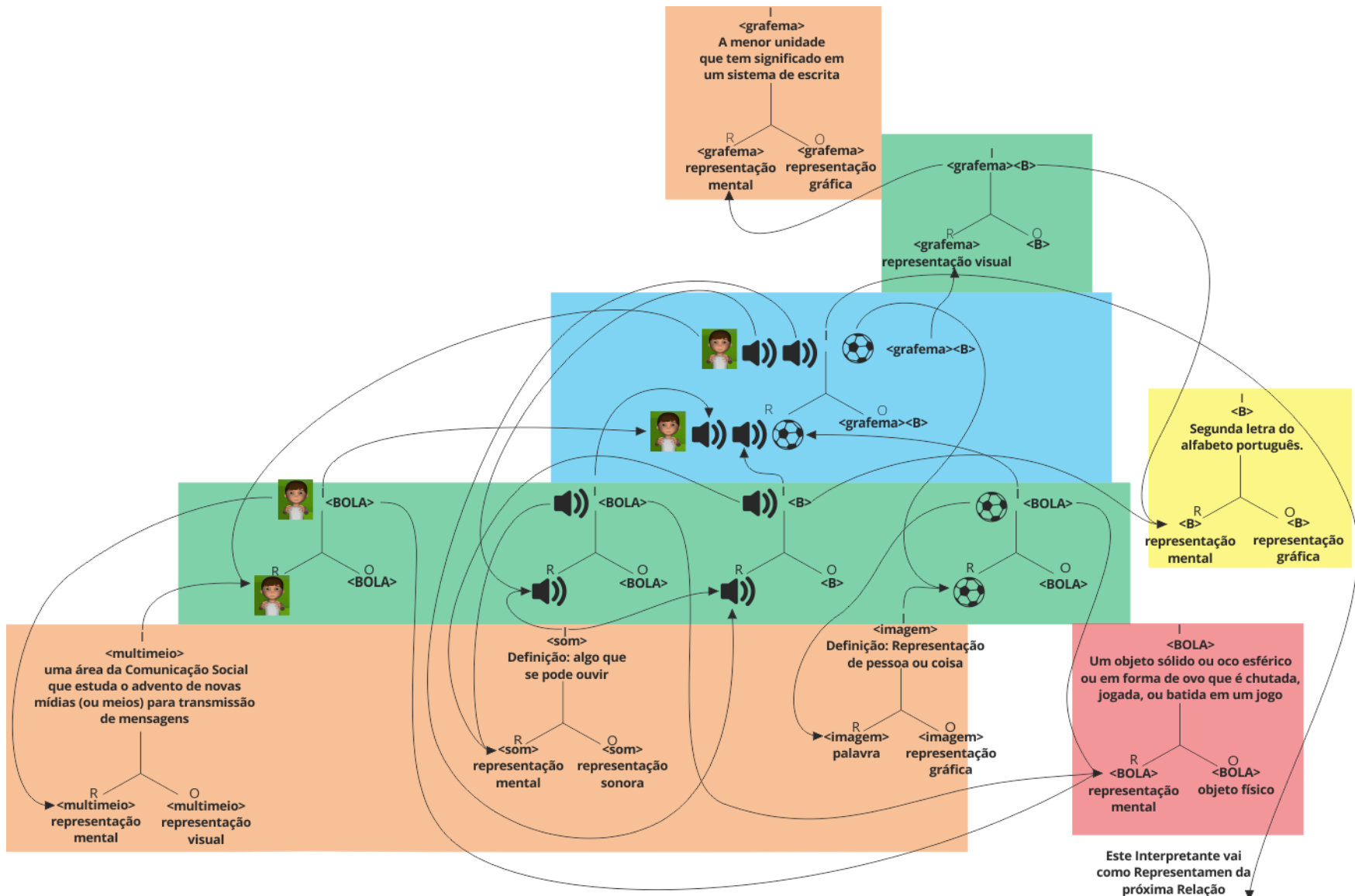
A Figura 26 dá uma visão geral do exemplo utilizado nesta seção. Cabe ressaltar que esse caminho de raciocínio e significação das coisas não é o único, é um possível caminho onde o usuário do sistema que o incorpore seja persuadido a fazê-lo.

Figura 22: Estudo de Caso - Primeira Relação



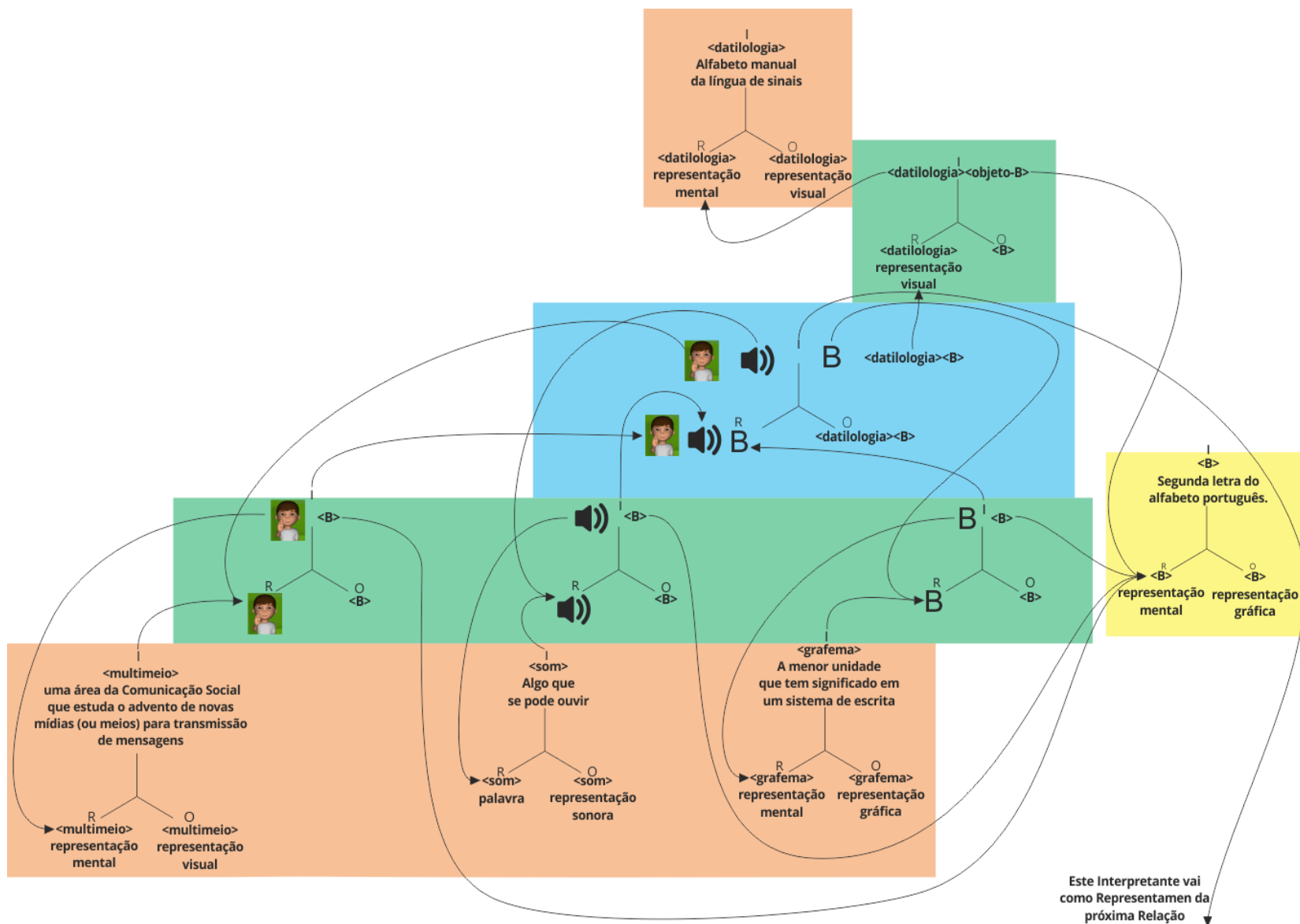
Fonte: O autor, 2016.

Figura 22: Estudo de Caso - Segunda Relação



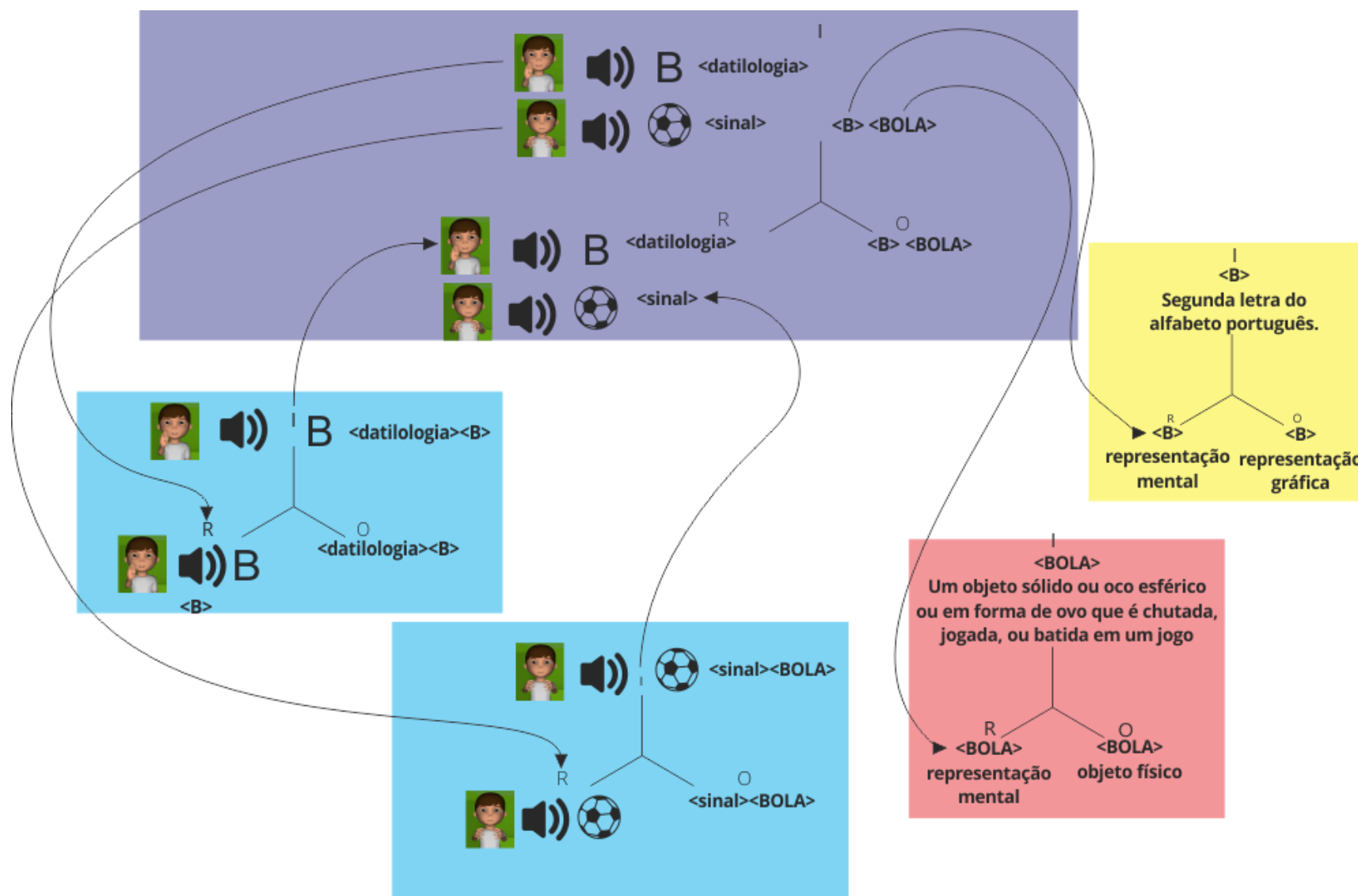
Fonte: O autor, 2016.

Figura 23: Estudo de Caso - Terceira Relação



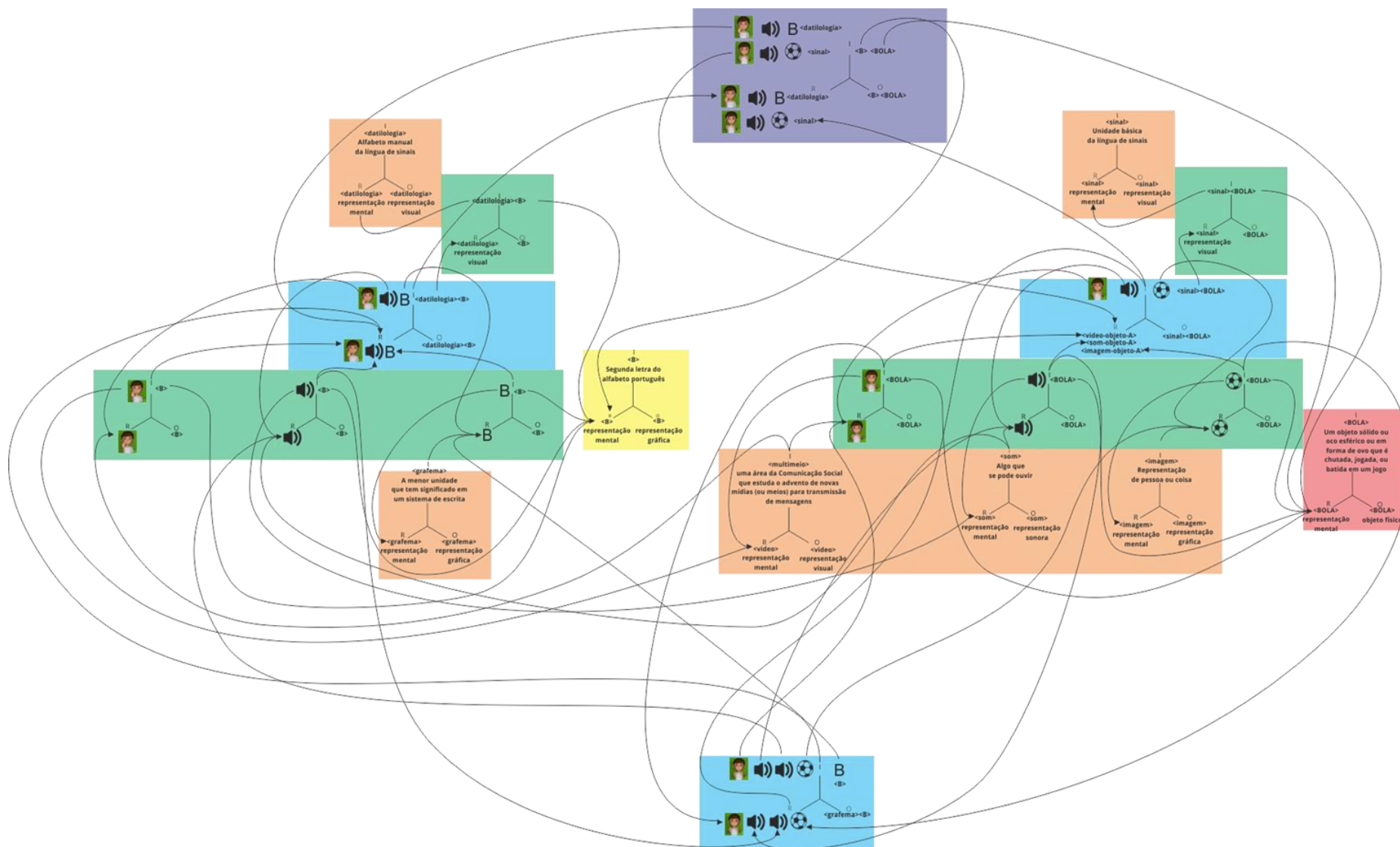
Fonte: O autor, 2016.

Figura 24: Estudo de Caso - Quarta Relação



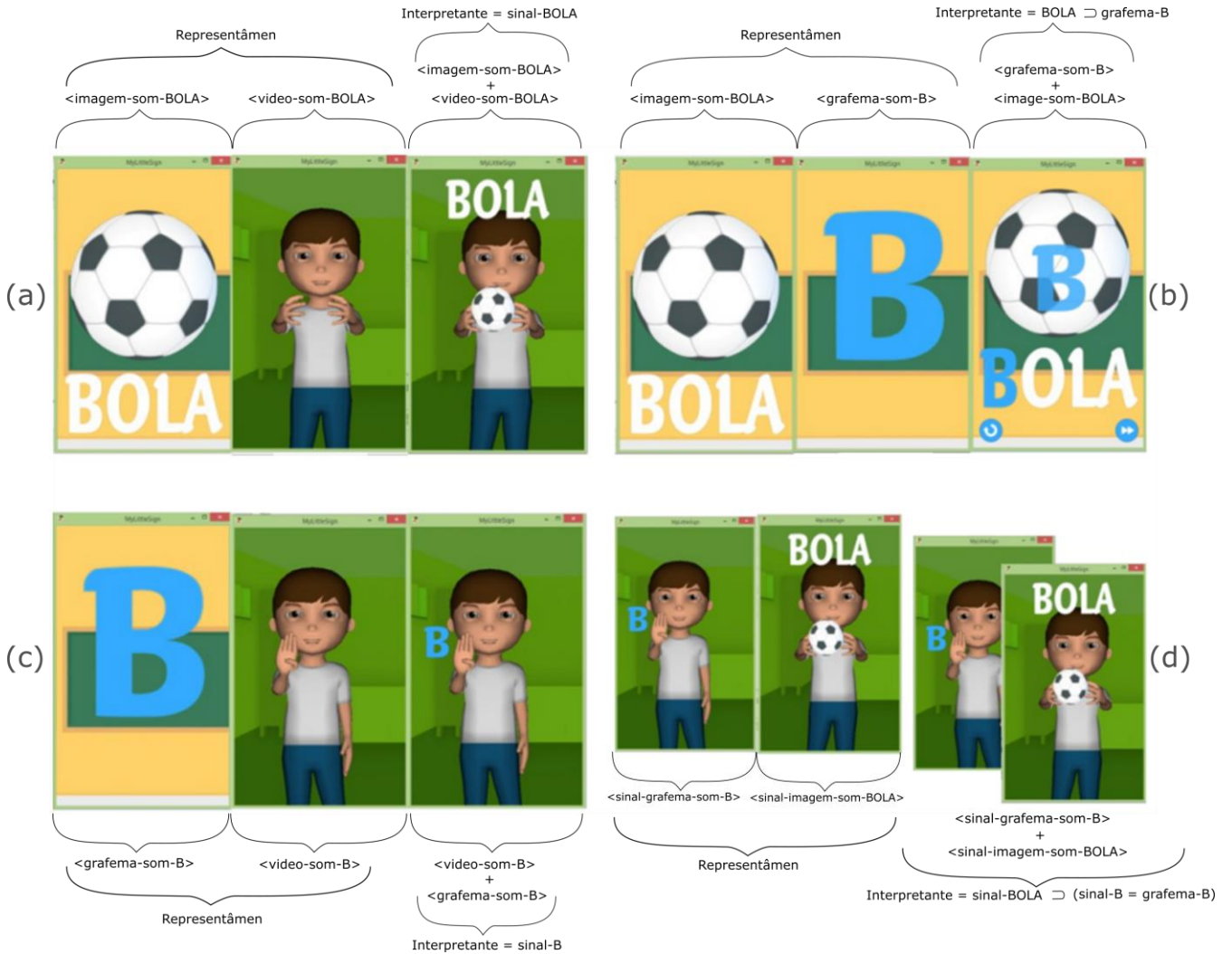
Fonte: O autor, 2016.

Figura 25: Estudo de Caso - Visão Geral do Modelo



Fonte: O autor, 2016.

Figura 27: Instância do modelo com a relação "B de BOLA" em uma tecnologia



Fonte: O autor, 2016.

Este modelo foi incorporado ao aplicativo "My Little Sign", aplicando as regras deste para todas as letras do alfabeto. Podemos utilizar o mesmo estudo de caso (Figura 26), ou seja o aprendizado da relação entre B e BOLA, com signos como: grafema, datilologia, som, imagem e sinal. Como observado na Figura 27 (a), temos a Primeira Relação, que ocorre entre o Representâmen <imagem-som-BOLA> e <vídeo-som-BOLA> com o Objeto <sinal-BOLA>, tendo como Interpretante a relação entre o objeto físico BOLA e o seu sinal em Libras, através da associação entre os elementos do Representâmen. Na Figura 27 (b) temos a Segunda Relação, que acontece entre o Representâmen <imagem-som-BOLA>, <grafema-som-B> e o Objeto <grafema-B>, tendo como Interpretante a relação o grafema B associado ao objeto físico BOLA. Já na terceira tela (Figura 27 (c)) temos a Terceira Relação simbólica, que ocorre entre o Representâmen <imagem-som-BOLA>, <grafema-som-B> e o seu Objeto <datilologia-B>.

estabelecendo um resultado de igualdade semântica entre os signos. Por fim tem-se a Quarta e última Relação, (Figura 27 (d)), que traz como Representâmen <vídeo-som-B> e <grafema-som-B> somado ao <vídeo-som-BOLA> e <imagem-som-BOLA>, apontando para o Objeto BOLA, resultando no Interpretante sinal de BOLA contém B, onde B pode ser representado por um sinal ou grafema, portanto teríamos a relação “B de BOLA”.

Note que na Figura 27, os Objetos das relações não aparecem, pois os mesmos não podem ser incorporados à tecnologia pelo fato de acontecerem no mundo externo a esta. Também cabe ressaltar que o Interpretante apresentado na mesma figura não poderia acontecer dentro da tecnologia, pois como dito anteriormente, o processo de semiose acontece na mente de quem interpreta o signo, neste caso, houve uma representação do momento em que o Interpretante pudesse acontecer.

5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Para verificar a efetividade do modelo e aplicação computacional construída, foi realizado um quase-experimento com um grupo de alunos utilizando o jogo. Portanto, nesta seção serão abordadas questões relacionadas ao planejamento deste experimento, tais como principal questão de pesquisa, hipóteses, fatores e variáveis resposta, definição formal das hipóteses, unidades experimentais, escolha do design do experimento, plano de execução, coleta dos dados, análise dos resultados e possíveis ameaças à validade.

5.1 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

Como dito, o grande desafio abordado neste trabalho é a ausência de comunicação, ou comunicação de má qualidade entre surdos e ouvintes, fator importante que implica na exclusão do surdo socialmente, principalmente no cenário escolar, onde o surdo tem contato com a comunidade ouvinte e não há um suporte adequado para que ambos se comuniquem e socializem. Portanto a proposta deste experimento é verificar a efetividade do modelo e tecnologia na melhoria da comunicação entre crianças surdas e ouvintes.

5.1.1 Questões de Pesquisa e hipóteses

Para criar um ambiente de educação inclusiva, no contexto de crianças surdas e ouvintes, se faz necessária a presença da Língua Portuguesa e da Língua Brasileira de Sinais. Com a presença destas línguas a comunicação se torna mais fluida e semântica, caracterizando uma maior inclusão. Sendo assim, a principal questão de pesquisa relacionada a este quase-experimento objetiva comparar a eficiência da comunicação entre crianças surdas e ouvintes após a intervenção da tecnologia assistiva e professor.

P1 - A comunicação de crianças surdas e ouvintes apresenta diferença nas métricas de eficiência (uso de sinais, comunicação, uso de Libras, uso de Português, nenhum código, comunicação entre surdo e ouvinte, comunicação entre ouvintes) considerando a intervenção da tecnologia assistiva e professor?

O que nos leva às seguintes hipóteses:

H1-0: O uso de quaisquer sinais é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H1-1: O uso de quaisquer sinais é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H2-0: A comunicação entre todos os envolvidos é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H2-1: A comunicação entre todos os envolvidos é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H3-0: O uso de sinais de Libras é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H3-1: O uso de sinais de Libras é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H4-0: O uso de Português é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H4-1: O uso de Português é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H5-0: A comunicação entre surdo e ouvinte é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H5-1: A comunicação entre surdo e ouvinte é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H6-0: A comunicação entre ouvintes é igual independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

H6-1: A comunicação entre ouvintes é diferente independente da intervenção da tecnologia assistiva e professor?

5.1.2 Fatores e variáveis de resposta

A variável independente ou fator utilizado no quasi-experimento é a **Intervenção utilizando a tecnologia assistiva e professor**. Já as variáveis resposta são:

- **Uso de sinais:** se no período de observação analisado, houve algum tipo de sinal, sendo de Libras ou algum sinal criado pela criança;
- **Comunicação** - se houve alguma forma de comunicação entre a criança observada e quaisquer outras;
- **Uso de Libras** - se houve algum sinal de Libras praticado pela criança observada;
- **Uso de Português** - se houve a prática da Língua Portuguesa escrita ou falada pela criança observada;
- **Nenhum código** - se não houve a presença de nenhuma língua padrão praticada pela criança no período observado;
- **Comunicação entre surdo e ouvinte** - se houve alguma forma de comunicação entre a criança (ouvinte) observada e uma outra criança (surda) e vice versa;
- **Comunicação entre ouvintes** - se houve alguma forma de comunicação entre a criança observada (ouvinte) e uma outra criança (ouvinte).

5.1.3 Definição formal das hipóteses

Formalmente, as seis hipóteses descritas anteriormente podem ser definidas conforme a Tabela Tabela 1.

Tabela 1: Formalização das Hipóteses

Hipótese	Hipótese Nula	Hipótese Alternativa
H1	$H1_0: S(SI) = S(CI)$	$H1_0: S(SI) \neq S(CI)$
H2	$H2_0: C(SI) = C(CI)$	$H2_0: C(SI) \neq C(CI)$
H3	$H3_0: L(SI) = L(CI)$	$H3_0: L(SI) \neq L(CI)$
H4	$H4_0: P(SI) = P(CI)$	$H4_0: P(SI) \neq P(CI)$
H5	$H5_0: SO(SI) = SO(CI)$	$H5_0: SO(SI) \neq SO(CI)$
H6	$H6_0: O(SI) = O(CI)$	$H6_0: O(SI) \neq O(CI)$

Fonte: O autor, 2016.

Onde SI e CI querem dizer Sem Intervenção e Com Intervenção respectivamente, e estão relacionadas aos momentos anteriores e posteriores à intervenção da tecnologia assistiva e professor. Já as letras S, C, L, P, SO e O estão relacionadas às métricas Sinais, Comunicação, Libras, Português, comunicação entre Surdo e Ouvinte e comunicação entre Ouvintes.

5.1.4 Unidades experimentais

No nosso cenário, as unidades experimentais são os conjuntos das observações realizadas com um grupo de crianças com idades entre 7 e 10 anos, sendo 15 ouvintes e 1 surda, ou seja, são feitas 5 seções de observação do grupo, onde cada seção tem duração de 30 minutos. Na extração dos dados, cada criança é observada individualmente no período de 1 minuto, onde o fator deste experimento é aplicado para se obter as variáveis resposta já citadas anteriormente. Esse método de observação busca analisar as crianças no momento das brincadeiras, de acordo com Patern (1932) e Sager et al. (2003).

5.1.5 Escolha do design de experimento

O experimento é do tipo comparativo, portanto o design escolhido deve pertencer à categoria comparative design. Os designs dessa categoria são apropriados para pesquisas onde queremos tomar uma decisão a respeito de um fator importante (no caso deste projeto, a comunicação entre crianças surdas e ouvintes) com respeito a uma série de métricas, na presença ou não de outros fatores menos significativos.

A fim de verificar a comunicação entre as crianças, o design utilizado será o Design Fatorial Completo, com 16 replicações. A Tabela Tabela 2 descreve cada um dos tratamentos:

Tabela 2: Tratamentos

Nº do Tratamento	Intervenção
1	Sem Tecnologia e Professor
2	Com Tecnologia e Professor

Fonte: O autor, 2016.

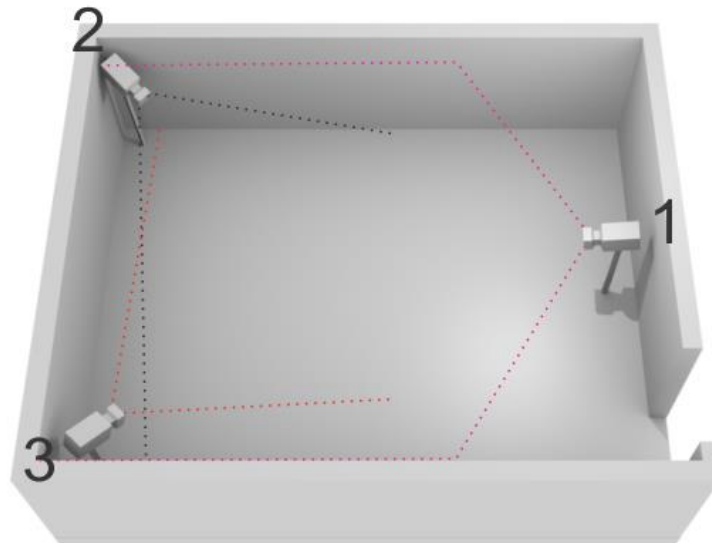
5.1.6 Plano de execução

A execução do experimento envolve os seguintes passos:

1. Filmagem das crianças nos momentos de brincadeiras, antes e após a intervenção;

2. Inserção da Tecnologia Assistiva durante o momento das aulas, ou seja, a disponibilização do jogo através de tablets nos momentos das aulas;
3. Observação das interações e extração dos dados, após edição dos vídeos gerados (Figura 27);
4. Análise estatística dos resultados.

Figura 28: Posicionamento das câmeras na sala de observação



Fonte: O autor, 2016.

Como observado na Figura 27, foram utilizadas três câmeras filmadoras, posicionadas de forma a obter uma melhor visualização da sala utilizada para realizar as observações, onde a câmera 1 compreende uma visão geral da sala, e está levemente inclinada para baixo, num ângulo aproximado de 20° , obtendo um alcance maior para frente. Já as câmeras 2 e 3 estão focadas no centro da sala, inclinadas fortemente para baixo, num ângulo aproximado de 45° . Todas as câmeras foram posicionadas em tripés numa altura aproximada de 2 metros.

5.1.6.1 Coleta dos dados

Os dados foram coletados a partir das filmagens realizadas na escola, com a turma que contém alunos surdos e ouvintes. Serão executadas 5 seções com duração média de 30 minutos. Após gravadas, serão editadas e sincronizadas, para que as três câmeras consigam capturar todos os momentos do grupo observado.

5.1.6.2 Análise dos resultados

A análise foi estatística. Os resultados de cada métrica obtidos nas observações foram sumarizados na ferramenta R e organizados para exibição gráfica através de histogramas e/ou boxplot, com o propósito de facilitar a comparação.

Quanto aos testes estatísticos, pretende-se realizar um teste para perceber a natureza dos dados, ou seja, se os mesmos provém de distribuição normal, para tal utilizaremos o teste de Teste Anderson-Darling(ad) (BARBETTA et al, 2008). Caso os dados não provenham de uma distribuição normal, utilizaremos testes não paramétricos, como o de Wilcoxon (BARBETTA et al, 2008). Todos os testes serão realizados com nível de confiança de 95%.

5.1.7 Análise de ameaças à validade

Após reflexão, identificamos algumas ameaças à validade, tais como:

- A realização do experimento em somente uma turma de ensino fundamental;
- Amostra pequena;
- O quase-experimento teve uma duração curta;
- A realização do experimento com apenas um(a) aluno(a) surdo(a);
- Viés de pesquisador no decorrer do experimento, com relação a inserção do professor de língua de sinais como apoio ao processo de ensino-aprendizagem;
- Apesar de identificarmos algumas ameaças à validade do quase-experimento, acredita-se que o mesmo pode ser executado, a fim de verificar as hipóteses anteriormente citadas.

5.2 RESULTADOS

Nesta seção serão feitas as análises dos resultados obtidos com a realização do experimento controlado. Para tal, utilizou-se de um ferramental estatístico próprio para tratar e entender os dados, sendo o primeiro método o Teste Anderson-Darling(ad) (BARBETTA et al, 2008), que testa se os dados provem de uma população normal. Sendo assim:

Teste Anderson-Darling (ad): Seja $F(x) = P(X \leq x)$ a função de distribuição acumulada de uma população normal. Seja $G(x)$ a função de distribuição empírica dos dados (EDF em inglês),

que pode ser definida como a função de distribuição acumulada das frequências relativas. O teste **ad** avalia se $G(x) \approx F(x)$. Então, nossas hipóteses são:

- H_0 : os dados são provenientes de uma distribuição normal;
- H_1 : os dados não são provenientes de uma distribuição normal;

Tabela 3: Teste de Normalidade Anderson Darling

Variáveis	P_Valores associados ao testes de normalidade Anderson-Darling	
	Sem tecnologia	Com tecnologia e professor
Sinal	0.0000***	0.0005***
Comunicação	0.1436*	0.1094*
Português	0.8269*	0.3764
Libras	0.0000***	0.0007***
Português/Libras	0.0000***	0.0000***
Nenhum Código ³	0.9611*	0.4880*
Surdo	0.0000***	0.0002***
Ouvinte	0.5152*	0.2325*
Surdo/Ouvinte	0.0000***	0.0000***

*** P_Valor <<<< 0.01. Rejeitamos H_0 a um nível superior a 1%. * P_Valor >>>> 0.10. Não rejeitamos H_0 a nível superior a 10%.

Nota-se a partir da Tabela 3 que mais da metade dos p_valores são menores que 5% indicando que rejeitamos a hipótese de normalidade para essas variáveis ao nível de 5%. De fato, rejeitamos a hipótese de normalidade para as variáveis: Sinal sem tecnologia, Sinal com tecnologia e professor, Libras sem tecnologia, Libras com tecnologia e professor, Português/Libras sem tecnologia, Português/Libras com tecnologia e professor, Surdo sem tecnologia, Surdo com tecnologia e professor, SurdoOuvinte sem tecnologia e SurdoOuvinte com tecnologia e professor, a um nível superior a 1%. Para as demais variáveis que não rejeitamos a hipótese de normalidade.

³ Código aqui se refere a utilização de uma Língua padrão

Ou seja, mais da metade das variáveis envolvidas no estudo não são provenientes de uma população com distribuição normal. Neste sentido podemos utilizar testes não paramétricos para comparar se as variáveis da amostra sem tecnologia e amostra com tecnologia e professor são provenientes da mesma distribuição de probabilidade. Neste caso, vamos utilizar o teste Wilcox (BARBETTA et al, 2008) para duas populações. As hipóteses do teste então descritas abaixo, em que F_X representa a distribuição de probabilidades da variável aleatória X e F_Y representa a distribuição de probabilidades da variável aleatória Y . O teste é realizado considerando um nível de significância $\alpha = 0.05 = 5\%$.

$H_0: F_X \neq F_Y$; *As duas amostras pertencem a duas populações equivalentes*

Não há diferença estatisticamente significativa entre os métodos.

$H_1: F_X = F_Y$; *As duas amostras NÃO pertencem a duas populações equivalentes.*

Há diferença estatisticamente significativa entre os métodos.

Como nosso interesse é testar a equivalência das populações referentes às amostras *sem tecnologia e com tecnologia e professor*, teremos hipóteses do tipo:

$$H_0: F_{\text{UsoDeSinal-SemTecnologia}} = F_{\text{UsoDeSinal-ComTecnologiaProfessor.}}$$

$$H_1: F_{\text{UsoDeSinal-SemTecnologia}} \neq F_{\text{UsoDeSinal-ComTecnologiaProfessor.}}$$

Tabela 4: Teste Wilcoxon

P_Valores - Teste de Wilcoxon – Grupo Sem Tecnologia e Grupo com Tecnologia e Professor

Uso de Sinais	0.002364**
Comunicação	0.558600*
Uso de Português	0.738900*
Uso do Libras	0.001366**
Nenhum Código	0.209400*
Comunicação entre Surdo e Ouvinte	0.818700*
Comunicação entre Ouvintes	0.949100*

*** P_Valor < 0.01. Rejeitamos H_0 ao de 1%. * P_Valor >>>>> 0.10. Não rejeitamos H_0 a nível superior a 10%.

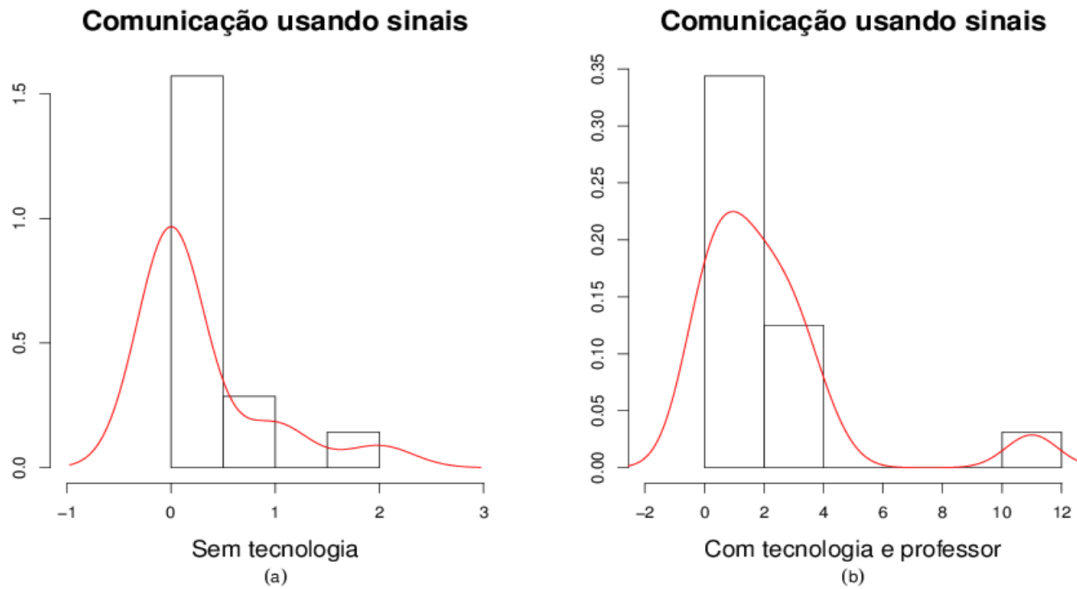
Com base na Tabela Tabela 4, notamos que apenas as amostras Uso de Sinais - Sem e Com Tecnologia (uso de sinais pelos alunos) e as amostras Uso de Libras - Sem e Com Tecnologia (uso de Libras entre os alunos) são consideradas provenientes de populações diferentes. Tendo os P_Valores iguais a 0.002364 e 0.001366, respectivamente e menores que 0.05, logo podemos concluir com base nestas amostras que o uso de sinais de Libras e sinais criados entre as crianças antes do uso da tecnologia e após o uso da tecnologia e auxílio do professor são diferentes estatisticamente ao nível de 5%. A mesma conclusão é válida quanto ao uso de somente sinais de Libras. A seguir vamos realizar algumas análises gráficas para validar as conclusões acima.

A seguir realizaremos uma análise de estatística descritiva dos dados baseada nos gráficos: histogramas, boxplots e qqplots. Nas Figuras 29 (a-b) e 30 (a-b) são apresentados os histogramas das amostras de comunicação usando sinais e usando Libras, sem o uso da tecnologia e com o uso da tecnologia e auxílio do professor. Esses gráficos apresentam em vermelho a densidade estimada supondo normalidade das populações das quais as amostras foram extraídas. Com bases nestas Figuras é possível perceber que as distribuições amostrais do grupo sem tecnologia e com tecnologia são diferentes quanto as quantidades, tanto no caso de uso de sinais quanto no caso uso de Libras. Por exemplo, na Figura 29 (a) percebemos que existe uma concentração do número de sinais entre zero e um para o grupo sem tecnologia, enquanto que a concentração do número de sinais para o grupo com tecnologia e professor está entre zero e quatro, com relevante quantidade entre dois e quatro (Figura 29 (b)). Além do número máximo de sinais para o grupo com tecnologia estar entre dez e doze, contra no máximo dois para o grupo sem tecnologia. Comportamento semelhante é apresentado pela quantidade de sinais da Libras usados pelo grupo sem e com tecnologia. Assim, essas figuras confirmam os resultados dos testes acima, ou seja, que existe diferença expressiva entre os grupos em tecnologia e com tecnologia e professor, para as variáveis sinais e Libras.

Outra informação importante que obtemos com base nestas figuras é quando observamos a forma dos histogramas e a linha que representa a densidade estimada para as populações do estudo. Tanto no caso de Sinais quanto no caso de Libras nota-se que a forma do histograma indica que as verdadeiras populações são assimétricas positivas e que a curva normal estimada não é adequada aos dados, uma vez que estima valores negativos, quantidades negativas, o que é impossível para esse tipo de variável. De fato, estamos tratando de uma

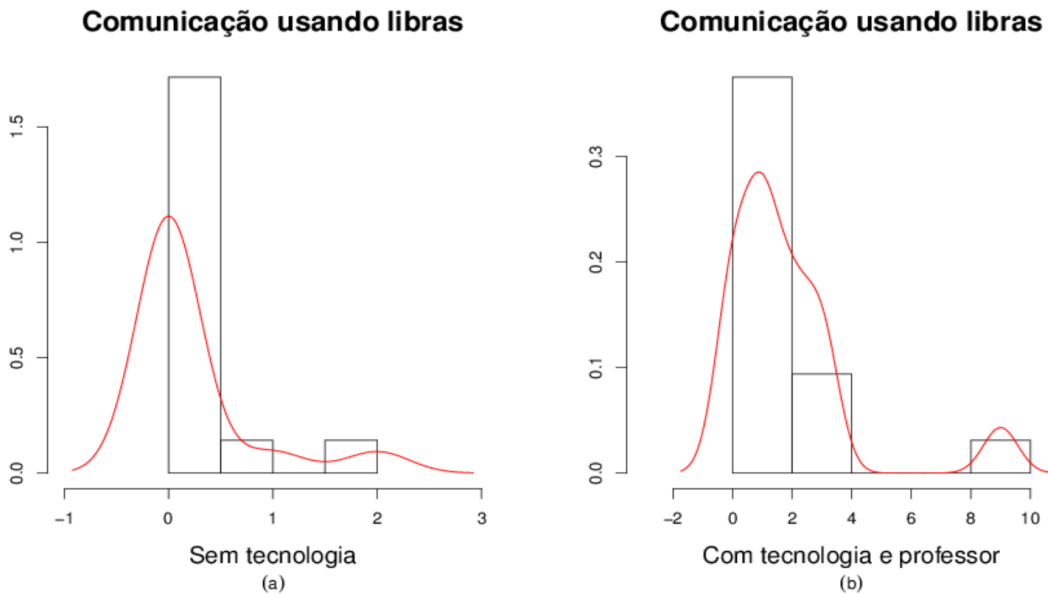
variável de contagem em um dado intervalo de tempo o que caracteriza a distribuição discreta de Poisson.

Figura 29: Histograma de comparação entre Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor



Fonte: O autor, 2016.

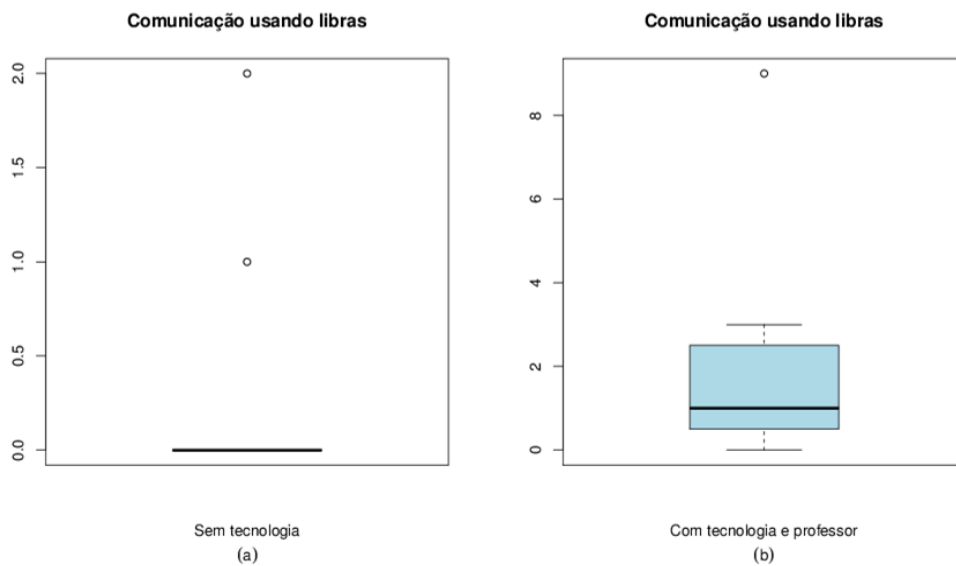
Figura 30: Histograma de comparação entre Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor



Fonte: O autor, 2016.

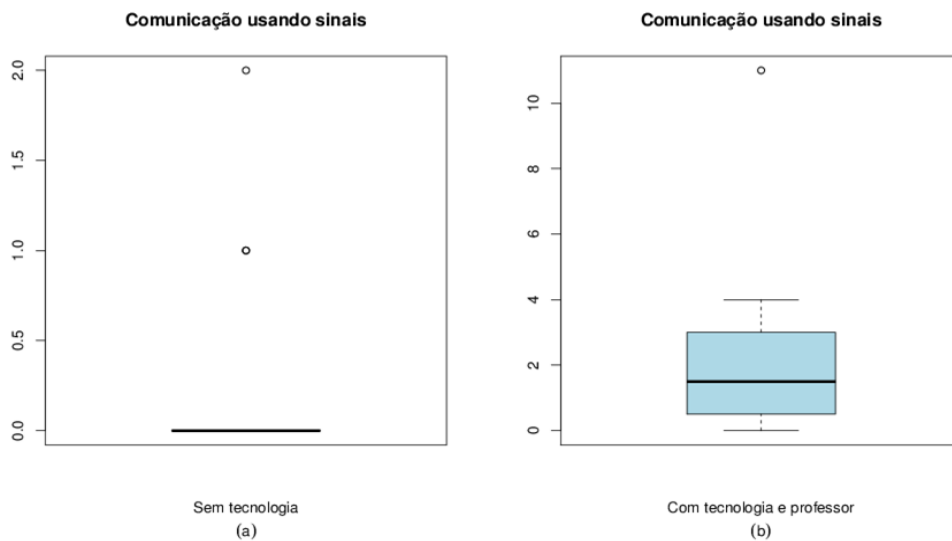
Em seguida apresentamos os BoxPlots das variáveis envolvidas no estudo (Figuras 31 e 32), os quais confirmam as conclusões acima, ou seja, é evidente que a quantidade de Sinais e de Libras dos grupos sem e com tecnologia é consideravelmente diferente, sendo que as quantidades de sinais e Libras são muito mais expressivos para o grupo com tecnologia e professor.

Figura 31: BoxPlots das variáveis Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor



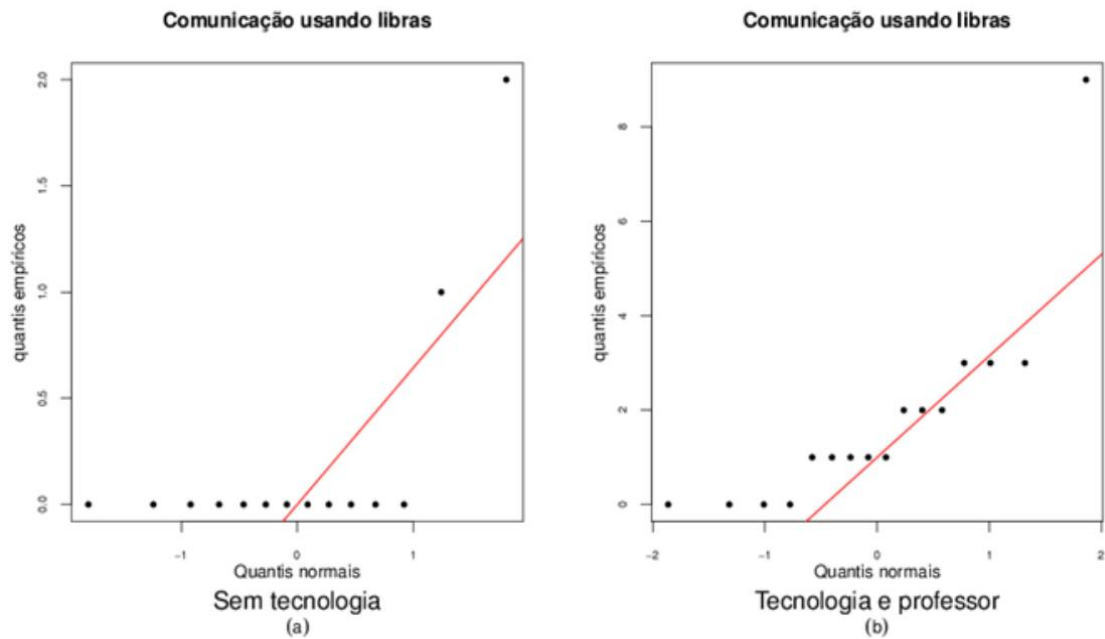
Fonte: O autor, 2016

Figura 32: BoxPlots das variáveis Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor



Fonte: O autor, 2016.

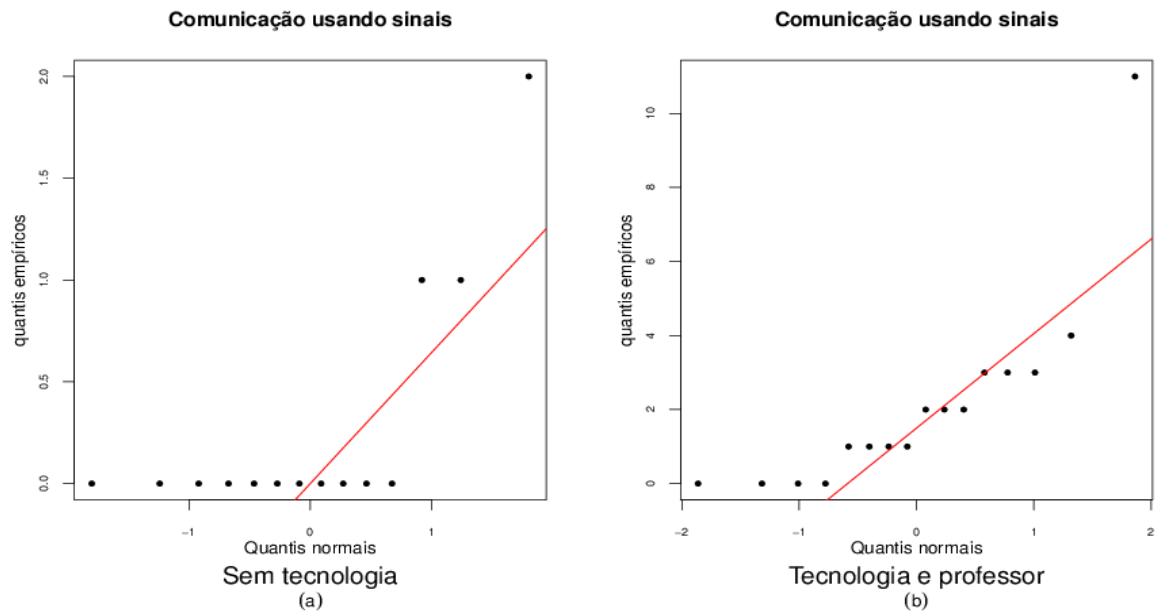
Figura 33: QQPlots das variáveis Libras-Sem Tecnologia e Libras-Com Tecnologia e Professor



Fonte: O autor, 2016.

Em relação aos QQplots (Figuras 32 e 33) espera-se uma aderência dos pontos à reta diagonal, quando a variável aleatória apresenta distribuição normal. Se essa distribuição normal for a padrão, isto é, com média “0” e variância “1”, então a reta vermelha deve ser a primeira bissetriz. Com base nas Figuras 33 e 34, é possível perceber que nenhum dos dois comportamentos esperados acontece para as variáveis relacionadas, evidenciado que a suposição de normalidade para estas variáveis, pode ser contestada, até porque os dados são discretos, o que também fica bem evidente no Qqplot.

Figura 34: QQPlots das variáveis Sinais-Sem Tecnologia e Sinais-Com Tecnologia e Professor



Fonte: O autor, 2016.

As conclusões que obtemos ao analisar os gráficos acima também podem ser obtidas com base em um modelo de regressão. Neste caso uma vez que as variáveis envolvidas no estudo caracterizam o tipo de variável aleatória cujo comportamento pode ser explicado a partir da distribuição de Poisson, faz sentido pensar em Modelos Lineares Generalizados (MLG)

Considere o seguinte modelo linear:

$$y = X\beta + \epsilon =$$

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{pmatrix}}_{(x_1 \quad x_2 \quad \dots \quad x_k)} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix}.$$

Podemos ver que:

- y é um vetor de *n* observações da variável aleatória dependente, ou ainda, nossa variável resposta.
- X é uma matriz $n \times k$ formada pelas covariadas. Note que cada coluna de X é um conjunto de *n* observações da covariada $x_t, t = 1, \dots, k$. É importante ressaltar que X não é variável aleatória, ela é observada e fixa;
- Ainda temos que, β é um vetor de *k* parâmetros também fixos e desconhecidos (não são variáveis aleatórias);
- Finalmente, ϵ é um vetor de *n* erros aleatórios com média zero $E(\epsilon_i) = 0$ e variância constante ao longo das observações, isto é, $var(\epsilon_i) = \sigma^2$ para todo $i = 1, \dots, n$

O principal objetivo do modelo de regressão é a explicação da resposta de forma que o que não conseguimos explicar esteja contido no erro aleatório ϵ . Mas o erro deve ser bem pequeno, ou seja, esperamos que ele seja zero, ou que em média ele seja zero. De onde surge uma das principais suposições de modelos lineares de regressão é que $E(\epsilon) = 0$. Aqui o termo $E(\epsilon)$ significa: valor esperado da variável aleatória ϵ , que é **A MÉDIA** desta variável aleatória. Podemos “Calcular” a ESPERANÇA (**MÉDIA**) de qualquer variável aleatória. Vamos então fazer isto com o modelo original de regressão: $y = X\beta + \epsilon$; tal que, $E(y = X\beta + \epsilon) = E(y) = E(X\beta + \epsilon) = E(y) = E(X\beta) + E(\epsilon) = X\beta + 0 = X\beta = \mu$. Aqui temos uma propriedade importante de ESPERANÇA MATEMÁTICA: $E(X\beta) = X\beta$, isto porque nem X nem β são variáveis aleatórias, dizemos que elas são constantes. E ESPERANÇA de uma constante é igual a própria constante. Segue então que, $E(y) = \mu$. Assim, μ é a ESPERANÇA (A MÉDIA) da variável aleatória y . Com tudo isto vemos que na prática o modelo final é

$$\mu = X\beta.$$

Quanto a variância temos que

$$var(y) = \underbrace{var(X\beta)}_0 + \underbrace{var(\epsilon)}_{\sigma^2} \Leftrightarrow var(y) = \sigma^2.$$

Neste caso, $var(X\beta) = 0$ por que nem X nem β são variáveis aleatórias, variância de uma constante é ZERO. Podemos representar nosso modelo de regressão em considerando a i -ésima observação como

$$\mu_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Então, na prática é escolhido um conjunto de variáveis x_2, x_3, \dots, x_k que chamamos de covariadas, cujos valores são conhecidos e considerados fixos, não variam, e portanto, as covariadas não são variáveis aleatórias. Essas covariadas formam a matriz X e também são chamadas de variáveis explicativas, pois sua função é explicar a variável resposta, a variável de interesse, que a variável aleatória y . Mas, como foi visto as covariadas, ou variáveis explicativas, explicam na verdade matematicamente “ μ “, a MÉDIA de y .

Para conhecermos de fato da MÉDIA μ acima descrito precisamos estimar $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, que são denominados **coeficientes do modelo de regressão, ou coeficientes do modelo da MÉDIA**. Tipicamente fazemos isto usando o método de máxima verossimilhança [Lehmann e Casella, 1998]. Assim, obtemos $\hat{\mu}_i$ quando obtemos $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$ tal que,

$$\hat{\mu}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{i2} + \hat{\beta}_3 x_{i3} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ik}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Agora podemos obter estimativas para μ_i . Note que em um modelo de regressão o que nos interessa é a distribuição de y , sua média, sua variância e o tipo de distribuição de probabilidades que a variável aleatória y (resposta) segue. Sabidamente, a distribuição mais utilizada é a distribuição normal. No entanto, nem sempre essa é a distribuição adequada para os dados que estamos trabalhando. Se μ , a média da variável resposta, pode assumir tanto valores positivos quanto valores negativos, então se justifica pensar na distribuição normal; Se os dados são positivos, ou seja, μ só pode assumir positivos a primeira distribuição que pensamos para construir o modelo de regressão é a gama; Se y representa dados de contagem, ou seja, se a resposta é uma variável aleatória que sugere apresentar uma distribuição discreta, é interessante pensar em modelos como o de Poisson, binomial, binomial negativo. Mas, se consideramos outras distribuições de probabilidades além da distribuição normal, precisamos generalizar o modelo linear. Isto é feito considerando a expressão abaixo.

$$g(\mu_i) = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik}.$$

Em que $g(\mu_i)$ é conhecida como **função de ligação** e é utilizada para conectar a média da variável resposta e o modelo envolvendo as covariadas e os β 's. Mas, por que a necessidade da função de ligação? Consideremos o modelo normal, ou seja, $y_i \sim N(\mu_i, \sigma^2)$, segue que

$$g(\mu_i) = \mu_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik}.$$

é uma função de ligação adequada, ou seja, $g(u) = u$ que chamamos de função identidade pode ser usada no modelo normal, NÃO precisamos fazer qualquer transformação na média. Isto acontece porque na distribuição normal $\mu \in (-\infty, +\infty) = \mathbb{R}$ (a média da população normal pode assumir qualquer valor Real). A mesma coisa deve acontecer com sua estimativa: $\hat{\mu}_i$ Ou seja, obrigatoriamente temos que obter $\hat{\mu}_i$ tal que, $\hat{\mu}_i \in (-\infty, +\infty) = \mathbb{R}$.

Então, quando trabalhamos com a distribuição normal, $\hat{\mu}_i$ pode assumir qualquer valor Real também. MAS,

$$\hat{\mu}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 x_{i2} + \hat{\beta}_3 x_{i3} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ik}, \quad i = 1, \dots, n.$$

ou seja, o valor de $\hat{\mu}_i$ depende dos valores $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_k$ pois os valores de $x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_k$ são valores fixos, conhecidos, das covariadas. Só os valores de $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_k$ podem variar. Como $\hat{\mu}_i$ pode assumir qualquer valor Real, não existem restrições para $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_k$, eles também podem assumir qualquer valor. Assim, os valores que $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3, \dots, \hat{\beta}_k$ podem assumir estão livres, qualquer que sejam os valores de $x_{it}, i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, k$.

Isto não acontece, por exemplo se a variável resposta segue uma distribuição gama. Neste caso, a variável resposta só assume valores reais positivos, isto é, $y \in (0, +\infty)$. E ocorre o mesmo com sua média $\mu \in (0, +\infty) = \mathbb{R}^+$ e deve acontecer também com $\hat{\mu}$, ou seja, **tem que acontecer**: $\hat{\mu} \in (0, +\infty) = \mathbb{R}^+$. Com esta restrição, os $\hat{\beta}$'s não estão livres, pois temos que garantir que $X\hat{\beta}$ só assuma valores reais positivos. Em X não podemos mexer (fixa e conhecida) então teríamos que realizar um processo de estimação do β 's com restrição, para garantir que $X\hat{\beta} \in (0, +\infty) = \mathbb{R}^+$. Este processo pode ser bastante complicado. A alternativa é aplicar uma função g em μ_i , uma transformação, de forma que $g(\mu_i) \in (-\infty, +\infty) = \mathbb{R}$. Daí então os $\hat{\beta}$'s estarão liberados. Um modelo de regressão adequado seria

$$\log(\mu_i) = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \dots + \beta_k x_{ik}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Isto porque, o logaritmo só pode ser calculado para valores reais positivos e o seu resultado assume valores em todos os reais, o que libera os $\hat{\beta}$'s. Note que $\log(u) \in$

$(-\infty, +\infty)$ para todo $u \in (0, +\infty) = \mathbb{R}^+$. Este também é o caso do modelo discreta de Poisson, temos que $E(y) = \lambda = \mu \in (0, +\infty) = \mathbb{R}^+$, lembrando que λ é a taxa de ocorrências em um determinado tempo. Apesar da Variável Resposta, que é uma variável aleatória, ser discreta, sua média pertence aos reais positivos e como o que verdadeiramente modelamos é a média da variável resposta, a função de ligação adequada é o logaritmo.

No atual estudo as variáveis envolvidas são:

- Sinal – Quantidade de sinais emitidos pelas crianças, independente se tais sinais são pertencentes a Libras ou são criados pelas mesmas;
- Comum – Comunicação entre as crianças, utilizando língua padrão ou quaisquer tipos de linguagens. Ex.: apontamentos; brincadeiras em grupo; gestos; etc.;
- Port – Uso do Português escrito ou falado;
- Libras – Uso de sinais padrão da Libras;
- Port_Libras - Uso das línguas Português e Libras no mesmo intervalo de tempo;
- SemCod - Se houve comunicação sem o uso de uma língua padrão ou código;
- Surdo - Se houve interação com aluno surdo;
- Ouvinte - Se houve interação com aluno ouvinte;
- SurdoOuvinte - Se houve interação com alunos surdo e ouvinte no mesmo intervalo de tempo.

Um dos objetivos do estudo é verificar se o modelo e tecnologia utilizados estimula o uso de sinais de Libras e Sinais próprios das crianças. Como ambas são variáveis que apresentam características da distribuição de Poisson, pode-se pensar em um Modelo Linear Generalizado, com base na distribuição de Poisson e com função de ligação logarítmica.

O primeiro modelo a ser testado tentará explicar o comportamento da variável aleatória Libras, considerando as demais variáveis estudo como covariadas (portanto, não são consideradas variáveis aleatórias) e, adicionalmente, os dois grupos acompanhados, a saber: **Sem tecnologia e Com tecnologia e professor**. Com este objetivo vamos criar uma nova covariada, a qual assumirá valores iguais a zero para o grupo **Sem tecnologia** e valores iguais a um para o grupo **Com tecnologia e Professor**. Essa variável é conhecida como Variável

Dummy. Aqui vamos representa-la por “ID”. Após testarmos alguns modelos o que se mostrou mais adequado para explicar a média de Libras foi:

$$\log \mu_i = \beta_1 + \beta_2 ID_i + \beta_3 Sinal_i + \beta_4 Surdo_i, i = 1, \dots, 30.$$

Note que os dados que temos são os valores das covariadas: ID, Sinal e Surdo e os valores da variável resposta, para cada uma das trinta observações da amostra, como podemos perceber na Figura 35. O processo de estimação dos coeficientes do modelo considera exatamente os valores das covariadas e os valores de y para obter as estimativas dos β 's e consequentemente as estimativas de $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5, \mu_6, \dots, \mu_{30}$. Ressaltamos que a primeira covariada (x_1) apresenta valores sempre iguais a um, para todas as observações. Isto ocorre pois β_1 é conhecido como intercepto do modelo.

Figura 35: Modelo de regressão para explicar a variável “Libras” expresso em função de cada uma das trinta observações

Índice Das Observações	Covariadas que formam a matriz X				Valores da Resposta y
	x_{i1} Intercepto	x_{i2} ID	x_{i3} sinal	x_{i4} surdo	Libras
[1]	$x_{11} = 1$	$x_{12} = 0$	$x_{13} = 0$	$x_{14} = 0$	$y_1 = 0$
[2]	$x_{21} = 1$	$x_{22} = 0$	$x_{23} = 0$	$x_{24} = 1$	$y_2 = 0$
[3]	$x_{31} = 1$	$x_{32} = 0$	$x_{33} = 0$	$x_{34} = 1$	$y_3 = 0$
[4]	$x_{41} = 1$	$x_{42} = 0$	$x_{43} = 1$	$x_{44} = 6$	$y_4 = 1$
[5]	$x_{51} = 1$	$x_{52} = 0$	$x_{53} = 0$	$x_{54} = 1$	$y_5 = 0$
[6]	$x_{61} = 1$	$x_{62} = 0$	$x_{63} = 0$	$x_{64} = 11$	$y_6 = 0$
[7]	$x_{71} = 1$	$x_{72} = 0$	$x_{73} = 0$	$x_{74} = 0$	$y_7 = 0$
[8]	$x_{81} = 1$	$x_{82} = 0$	$x_{83} = 0$	$x_{84} = 0$	$y_8 = 0$
[9]	$x_{91} = 1$	$x_{92} = 0$	$x_{93} = 0$	$x_{94} = 1$	$y_9 = 0$
[10]	$x_{101} = 1$	$x_{102} = 0$	$x_{103} = 0$	$x_{104} = 1$	$y_{10} = 0$
[11]	$x_{111} = 1$	$x_{112} = 0$	$x_{113} = 2$	$x_{114} = 21$	$y_{11} = 2$
[12]	$x_{121} = 1$	$x_{122} = 0$	$x_{123} = 0$	$x_{124} = 1$	$y_{12} = 0$
[13]	$x_{131} = 1$	$x_{132} = 0$	$x_{133} = 1$	$x_{134} = 2$	$y_{13} = 0$
[14]	$x_{141} = 1$	$x_{142} = 0$	$x_{143} = 0$	$x_{144} = 5$	$y_{14} = 0$
[15]	$x_{151} = 1$	$x_{152} = 1$	$x_{153} = 1$	$x_{154} = 0$	$y_{15} = 9$
[16]	$x_{161} = 1$	$x_{162} = 1$	$x_{163} = 1$	$x_{164} = 0$	$y_{16} = 1$
[17]	$x_{171} = 1$	$x_{172} = 1$	$x_{173} = 2$	$x_{174} = 2$	$y_{17} = 2$
[18]	$x_{181} = 1$	$x_{182} = 1$	$x_{183} = 2$	$x_{184} = 1$	$y_{18} = 1$
[19]	$x_{191} = 1$	$x_{192} = 1$	$x_{193} = 1$	$x_{194} = 1$	$y_{19} = 1$
[20]	$x_{201} = 1$	$x_{202} = 1$	$x_{203} = 3$	$x_{204} = 10$	$y_{20} = 3$
[21]	$x_{211} = 1$	$x_{212} = 1$	$x_{213} = 0$	$x_{214} = 0$	$y_{21} = 0$
[22]	$x_{221} = 1$	$x_{222} = 1$	$x_{223} = 0$	$x_{224} = 0$	$y_{22} = 0$
[23]	$x_{231} = 1$	$x_{232} = 1$	$x_{233} = 4$	$x_{234} = 4$	$y_{23} = 3$
[24]	$x_{241} = 1$	$x_{242} = 1$	$x_{243} = 3$	$x_{244} = 4$	$y_{24} = 2$
[25]	$x_{251} = 1$	$x_{252} = 1$	$x_{253} = 3$	$x_{254} = 2$	$y_{25} = 3$
[26]	$x_{261} = 1$	$x_{262} = 1$	$x_{263} = 1$	$x_{264} = 10$	$y_{26} = 1$
[27]	$x_{271} = 1$	$x_{272} = 1$	$x_{273} = 2$	$x_{274} = 13$	$y_{27} = 2$
[28]	$x_{281} = 1$	$x_{282} = 1$	$x_{283} = 1$	$x_{284} = 13$	$y_{28} = 1$
[29]	$x_{291} = 1$	$x_{292} = 1$	$x_{293} = 0$	$x_{294} = 0$	$y_{29} = 0$
[30]	$x_{301} = 1$	$x_{302} = 1$	$x_{303} = 0$	$x_{304} = 0$	$y_{30} = 0$

Fonte: O autor, 2016.

O método utilizado para obter as estimativas dos β 's é o método de máxima verossimilhança e para testar a significância dos β 's são utilizados testes Quasi-t, que são testes assintóticos (aproximados), descritos abaixo. No caso do modelo proposto temos as seguintes hipóteses estatísticas:

$$H_0: \beta_t = 0 \text{ versus } H_1: \beta_t \neq 0, \quad t = 1, \dots, 4.$$

Ou seja, as hipóteses que vamos testar são

$$H_0: \beta_1 = 0; \quad H_0: \beta_2 = 0; \quad H_0: \beta_3 = 0 \quad \text{e} \quad H_0: \beta_4 = 0. \quad \text{Versus}$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0; \quad H_1: \beta_2 \neq 0; \quad H_1: \beta_3 \neq 0 \quad \text{e} \quad H_1: \beta_4 \neq 0.$$

As estatísticas de teste para testar as hipóteses acima são

$$\tau_1 = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_1)}}; \quad \tau_2 = \frac{\hat{\beta}_2 - \beta_2}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_2)}}; \quad \tau_3 = \frac{\hat{\beta}_3 - \beta_3}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_3)}}; \quad \tau_4 = \frac{\hat{\beta}_4 - \beta_4}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_4)}}.$$

Como calculamos o P-Valor considerando H_0 verdadeira, então todos os $\beta_t, t = 1, \dots, 4$, são iguais a zero e as estatísticas passam a ser:

$$\tau_1 = \frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_1)}}; \quad \tau_2 = \frac{\hat{\beta}_2}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_2)}}; \quad \tau_3 = \frac{\hat{\beta}_3}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_3)}}; \quad \tau_4 = \frac{\hat{\beta}_4}{\sqrt{\widehat{Var}(\hat{\beta}_4)}};$$

Temos que neste caso: $\tau_t \approx N(0,1), t = 1, \dots, 4$, ou seja, as estatísticas têm distribuição aproximadamente normal padrão e rejeitamos as hipóteses nulas se $P - \text{Valor}_t < 0.05, t = 1, \dots, 4$ e neste caso a covariada associada ao coeficiente β_t é considerada importante para a explicação da resposta. Por exemplo, se $p - \text{Valor}_3 < 0.05$ então rejeitamos $H_0: \beta_3 = 0$, ou seja, β_3 é significativamente diferente de zero ao nível de 5%, e neste caso, a covariada *Sinal* é estatisticamente importante para a explicação da quantidade média de comunicação com Libras. Esses são os testes Quasi_t citados acima. É importante ressaltar que os testes se baseiam nas estimativas dos β 's.

Na Tabela Tabela 5 apresentamos as estimativas dos β 's e os P_Valores testes Quasi_t associados.

Tabela 5: Estimativas dos β 's e os P_Valores testes Quasi_t associados

Descrição das Covariadas	Parâmetros			
	β_1	β_2	β_3	β_4
	Intercepto	Indicadora: Sem e Com tecnologia	Comunicação usando Sinais	Comunicação entre surdo e Ouvinte
Estimativas dos β 's.	-2.99	1.08	0.68	0.10
P_Valores	0.000	0.000	0.000	0.000

Fonte: O autor, 2016.

Com base na Tabela Tabela 5 notamos que rejeitamos todas as hipóteses :

$$H_0:\beta_1 = 0; H_0:\beta_2 = 0; H_0:\beta_3 = 0 \text{ e } H_0:\beta_4 = 0.$$

Portanto, todas as covariadas são consideradas importantes para construir um modelo de um grupo que não utilize tecnologia quanto para o grupo que utilizou a tecnologia proposta associada com a ajuda do professor. Este modelo final é definido como

$$\hat{\mu}_i = \exp\{-2.99 + 1.08ID_i + 0.68Sinal_i + 0.10Surdo_i\}$$

Devemos salientar o efeito das covariadas sobre a quantidade média de comunicações feitas entre os alunos através do uso de Libras e este efeito é medido com base nas estimativas dos β 's. Temos que, se a estimativa de um β associado à determinada covariada é **negativa**, quanto maior o valor da estimativa deste β maior é a **redução** na média da quantidade de Libras. Por outro lado, se o β estimado é positivo, mais importante é o aumento no desempenho do estudante quanto maior for esta estimativa. O contrário acontece quando a estimativa de β é positiva. Por exemplo, $\hat{\beta}_2 = 1.08$, isto indica que o aumento de uma unidade na covariada indicadora implica em um aumento de $\{\exp(1.08)-1\} \times 100\% = 195\%$ na quantidade média do uso de Libras. Mas, esse é uma covariada indicadora, que só assume valor igual a zero (grupo sem tecnologia) e valor igual a um (grupo sem tecnologia e professor). Assim, acrescentar uma unidade nesta covariada implica passar do zero para o um, ou passar do momento sem tecnologia para o momento com tecnologia e professor. Ou ainda, se a criança faz parte do grupo com uso de tecnologia e professor estudante o uso de Libras aumenta em aproximadamente 195%. Já se a criança utiliza diversos sinais que não Libras para cada um

sinal adicional utilizado a média do uso de Libras aumenta em 101% e a comunicação entre surdo e ouvinte aumenta em 12% o uso de Libras.

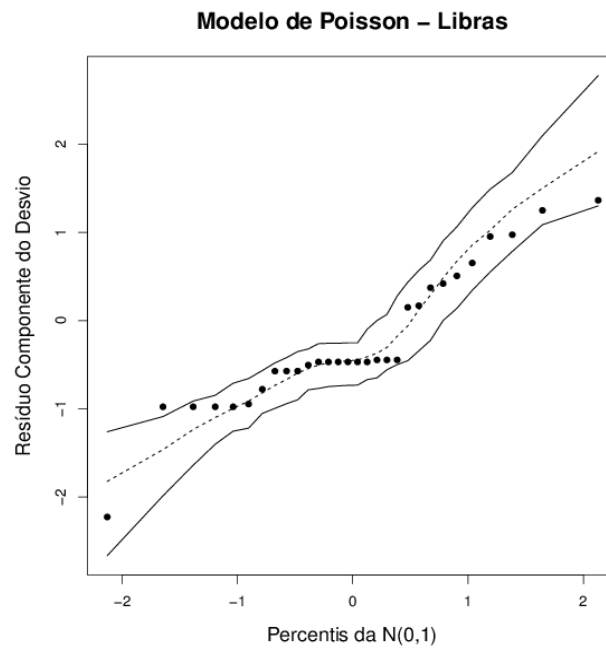
O modelo $\hat{\mu}_i = \exp(-2.99 + 1.08ID_i + 0.68Sinal_i + 0.10Surdo_i)$ também permite estimar a quantidade de sinais de Libras utilizados para o i -ésimo aluno. Por exemplo, vamos considerar o aluno $i = 23$, os valores das covariadas para este aluno são $x_{232}=1.0$, pois é um aluno que sofreu a interferência do método, $x_{233}=4.0$ e $x_{234}=4.0$ temos que $\hat{\mu}_{23} = 3.3 \approx 3.0$ e o verdadeiro valor da resposta é $y_{23}=3.0$. Este é um bom exemplo que o modelo está bem ajustado.

De fato outra hipótese estatística que ainda temos que testar é: O modelo estimado com base nos dados, ou seja o modelo ajustado aos dados é de boa qualidade? Podemos fazer isso com base na análise de resíduos.

Verificar se um determinado modelo é uma representação adequada dos dados é um passo importante da análise estatística. A construção de um modelo de regressão envolve a definição da distribuição a variável de resposta, escolha da função de ligação, e escolha das covariáveis. Tipicamente, os resíduos são baseados nas diferenças entre respostas observadas (y) e a média estimada $\hat{\mu}$. Por exemplo $r_i = y_i - \hat{\mu}_i$, ou seja, o resíduo é uma medida de discrepância entre os dados reais e o modelo ajustado. Aqui vamos utilizar o resíduo componente do desvio, o mais utilizado para modelos lineares generalizados.

Um gráfico de resíduos importante é o gráfico de probabilidade normal com envelope simulado, que pode ser usado mesmo quando as distribuições empíricas dos resíduos não são normais. Se o modelo está adequado aos dados, esperamos que a maioria dos resíduos estejam aleatoriamente distribuídos dentro das bandas do envelope. Com base na Figura 36, vemos que isto ocorre com o modelo proposto para o Uso de Libras, confirmando a qualidade do modelo ajustado.

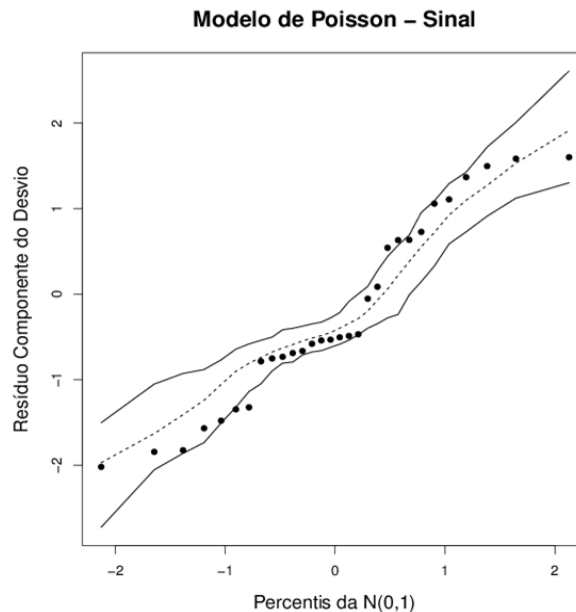
Figura 36: Gráfico de resíduos - Libras



Fonte: O autor, 2016.

Dado que outra variável importante no estudo é a quantidade de sinais, parece plausível ajustar um modelo de regressão com o objetivo de explicar a quantidade de sinais realizados pelos alunos ao mesmo tempo fornecendo um contraste entre o uso de sinais sem a intervenção da tecnologia e o uso de sinais com a intervenção da tecnologia. O modelo estimado para quantidade de sinais foi $\hat{\mu}_i = \exp\{-2.54 + 2.15ID_i - 0.10 Port_i + 0.10Comun_i\}$. A partir da Figura 36 verificamos que o modelo está bem ajustado aos dados, uma vez que os resíduos encontram-se em maioria dentro do envelope e aleatoriamente distribuídos em torno do zero.

Figura 36: Gráfico de resíduos - Sinal



Fonte: O autor, 2016.

A interpretação do modelo para quantidade de sinais, $\hat{\mu}_i = \exp(-2.54 + 2.15ID_i - 0.10Port_i + 0.10Comun_i)$ é bastante interessante. Notem que $\hat{\beta}_2 = 2.15$, isto implica que o fato do aluno ter experimentado a interferência da tecnologia associada com o professor aumenta em $\{\exp(2.15)-1\} \times 100\% = 758\%$ a quantidade média de sinais utilizados por estes alunos. Por outro lado, de uma forma lógica, a comunicação feita a partir da língua portuguesa diminui em $\{1.0 - \exp(-0.10)\} \times 100\% = 9.5\%$ o uso de sinais.

Concluimos que tanto pelos testes aplicados quanto pelo modelo de regressão gerado para verificar possíveis inconsistências, o processo de comunicação entre crianças ouvintes e a surda melhorou a nível quantitativo, com o aumento do uso de sinais, e qualitativo, pois com o uso destes sinais, as crianças possuíam um vocabulário maior em comum, tornando o processo comunicativo mais semântico. Também concluimos que o modelo de regressão gerado, encontra-se ajustado a realidade, fazendo com que o experimento realizado possa ser escalável, ou facilmente reproduzido em outras escolas que possuem condições similares, obtendo resultados também semelhantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o cenário das escolas brasileiras, e a necessidade do aluno surdo de estabelecer uma comunicação com o meio, esta dissertação procurou abordar uma possível solução a fim de diminuir essa problemática. Para tal, pensou-se uma forma de aproximar crianças surdas e ouvintes que dividem uma mesma sala de aula, assim propor um possível caminho de significação que utilizasse elementos comuns a ambas.

Partindo da premissa que a interação entre crianças surdas e ouvintes se daria através da comunicação, procurou-se chegar a um elemento comum a ambas. Tal elemento proposto como meio foi o Signo, apoiado pela teoria da Semiótica, do Filósofo Lógico Charles Sanders Peirce. Como visto, o Signo envolve todo o processo de significação pela mente interpretante. Dessa forma, supomos que as crianças surdas e ouvintes podem entender o mesmo conteúdo desde que seja apresentado através de signos comuns a ambas. Sendo assim, a proposta dessa dissertação foi a construção de um modelo baseado na semiótica peirceana e incorporação deste em uma tecnologia, para o ensino do alfabeto da Língua Portuguesa, da Libras e alguns de seus sinais, no contexto de crianças surdas e ouvintes em sala de aula. Portanto, buscamos uma forma de criar um ambiente de sala de aula mais inclusivo, considerando crianças surdas e ouvintes aprendendo simultaneamente suas línguas nativas.

Percebendo a carência da literatura, surgiu a oportunidade de criar um modelo teórico e aplicá-lo utilizando uma tecnologia. Tecnologia essa implementada em forma de um jogo, onde a criança pode aprender conteúdos relacionados ao alfabeto da Língua Portuguesa e da Libras interagindo com um personagem 3D. Tal tecnologia foi criada de forma a receber não somente as línguas já abordadas, mas línguas escritas e línguas sinalizadas que utilizam o mesmo alfabeto, como o Português - Libras, Inglês - ASL (Língua Americana de Sinais), Francês - LSF (Língua Francesa de Sinais); Alemão - DGS (Língua Alemã de Sinais), etc.

Para verificar se esta proposta de solução teria eficácia, um quase-experimento foi executado, afim de colher e analisar dados das interações de crianças ouvintes e surdas após o uso da tecnologia proposta. Para tal, verificou-se se os dados eram provenientes de uma população normal utilizando o teste Anderson-Darling, o que constatou-se a rejeição de normalidade. Percebendo isto, utilizou-se testes não paramétricos para observar se os dados proviam de uma mesma distribuição de probabilidade. Para tal, utilizou-se o teste Wilcoxon para as populações: sem tecnologia (crianças brincando sem intervenção); e com tecnologia e

professor (com intervenção da tecnologia proposta e auxílio do professor). Após o teste, percebeu-se que os dados provinham de populações diferentes.

Com os resultados obtidos, vimos através dos histogramas e BoxPlots que há uma maior concentração de sinais de Libras e sinais criados por crianças no grupo "com tecnologia e professor", o que fortalece a ideia que a proposta de solução desta dissertação é válida e eficaz. Contudo, para verificar os mesmos resultados, foi criado e aplicado um modelo de regressão, utilizando a distribuição de Poisson.

Ao final das análises percebeu-se que houve mudança significativa no nível de comunicação entre as crianças participantes, utilizando o Português a Libras. Tais mudanças eram percebidas através do uso mais frequente de sinais de Libras entre alunos ouvintes e a colega surda.

Adicionalmente, segue que os dois modelos, MODELO 1: Libras $\hat{\mu}_i = \exp(-2.99 + 1.08ID_i + 0.68Sinal_i + 0.10Surdo_i)$ e MODELO 2: SINAIS $\hat{\mu}_i = \exp(-2.54 + 2.15ID_i - 0.10Port_i + 0.10Comun_i)$ são úteis para fazer previsões em novos conjuntos de dados. Por exemplo, digamos que a tecnologia é utilizada com o auxílio do professor em outro grupo inclusivo, ou seja, em que haja alunos surdos e ouvintes. É possível estimar a quantidade de Sinais que cada aluno irá fazer, com base no Modelo 2 e então substituir esses valores no Modelo 1 e estimar a quantidade de uso de sinais de Libras de cada aluno, para isso só seria necessário verificar a quantidade de comunicação em Português, quantidade de qualquer tipo de comunicação e se houve interação (de qualquer tipo) entre os alunos ouvintes e surdos. Tudo isto no mesmo intervalo de tempo utilizado neste estudo.

Como trabalhos futuros, deseja-se aplicar o mesmo experimento com um grupo maior de crianças, ou com mais grupos em paralelo, afim de fortalecer o modelo semiótico criado e a tecnologia que o incorpora. Também deseja-se gerar uma nova versão da tecnologia assistiva proposta afim de corrigir eventuais imperfeições com relação ao conteúdo apresentado, como por exemplo, melhorar a confecção de alguns sinais. Outro objetivo futuro é fazer com que o modelo semiótico e a tecnologia consigam representar elementos mais abstratos, como por exemplo, sentimentos, sensações, temporariedade, etc. Tal objetivo é atualmente a principal limitação deste trabalho. Também deseja-se disponibilizar tal tecnologia nos meios eletrônicos, para diversas plataformas e dispositivos, afim de que crianças tenham livre acesso a esse apoio pedagógico em suas escolas e casas. E por fim, deseja-se conseguir parcerias com órgãos que

partilhem da mesma visão, como escolas, ONGs de educação de surdos, governo e sociedade em geral, afim de difundir o artefato gerado por esta dissertação como meio de ajudar a gerar um mundo mais inclusivo.

REFERÊNCIAS

- ACHIMUGU, P. et al. A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and Software Technology*, v. 56, n. 6, p. 568-585, 2014.
- AINSCOW, M. **Special Education in change**. London: Falmer Press, 1989.
- ANNAN, K. A. **Declaração do Milênio das Nações Unidas**. Cimeira do Milênio: Nova Iorque, 2000.
- BASTOS, T. O contexto da sala de aula inclusiva e a educação da criança surda. In: SÁ, N.R.L. **Surdos: qual escola?**. Manaus: Editora Valer e Edua, 2011.
- BELISS, P. et al. **Secure wireless infrastructures and mobile learning for deaf and hard-of-hearing students**. IN: *INFORMATICS (PCI)*, 16., 2012. Greece: IEEE, 2012. p. 369-374.
- BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI, 2013. Disponível em: < http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 11 dez, 2015.
- Bittencourt, I.; Baranauskas, M. C.; Pereira, R.; Dermeval, D.; Isotani, S.; Jaques, P. **A Systematic Review of Software Tools for Building Multi-device Inclusive Environments**. Elsevier Science, 2013.
- BONACIN, R. **Um modelo de desenvolvimento de sistemas para suporte a cooperação fundamentado em Design Participativo e Semiótica Organizacional**. Campinas – SP, 2004, p. 1-261.
- BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. **Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10436.htm. Acesso em: 01 de junho, 2015.
- CAPOVILLA, F. C.; RAPHAEL, W. D. **Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngue: Língua de Sinais Brasileira**. 2. Ed. São Paulo: Edusp, 2001. p. 1632.
- CUNNINGHAM, D. J. **On the need for an educational semiotic**. Center and periphery in representations and institutions, p. 423-450, 1992.
- DERMEVAL, D. et al. **Applications of ontologies in requirements engineering: a systematic review of the literature**. *Requirements Engineering*, p. 1-33, 2015.
- DING, Wei et al. Knowledge-based approaches in software documentation: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, v. 56, n. 6, p. 545-567, 2014.
- DRIGAS, A.; KOUREMENOS, D.; VRETTAROS, J. **Teaching of English to Hearing Impaired Individuals Whose Mother Language Is the Sign Language**. In: *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society*. Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 263-270.

DYBÅ, T.; DINGSØYR, T. Empirical studies of agile software development: A systematic review. *INFORMATION AND SOFTWARE TECHNOLOGY*, v. 50, n. 9, p. 833-859, 2008.

EASTERBROOK, Steve et al. **Selecting empirical methods for software engineering research**. In: Guide to advanced empirical software engineering. Springer London, 2008. p. 285-311.

ECO, U. **Semiotics and the Philosophy of Language**. Indiana University Press, 1986.

FERREIRO, E. **Reflexões sobre alfabetização**. 26 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FONSECA, V. da. Tendências Futuras da Educação Inclusiva. In: STOBÄUS, C. D.; MOSQUERA, J. J. M. (Orgs). **Educação Especial: em direção à educação inclusiva**. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, p. 41-63.

FRIAS, E. M. A.; MENEZES, M. C. B. **Inclusão escolar do aluno com necessidades educacionais especiais**: contribuições ao professor do Ensino Regular. PDE, FAFIPA, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1462-8.pdf>. Acesso em: 01 de junho, 2015.

GOLDFELD, M. **A criança surda: linguagem e cognição em uma perspectiva sociointeracionista**. 2 ed. São Paulo: Plexus Editora, 2002.

GUIMARAES, C. et al. **Pedagogical Architecture--Internet Artifacts for Bilingualism of the Deaf (Sign Language/Portuguese)**. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE SYSTEM SCIENCES, 46., Hawai. IEEE, 2013.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

LENHART, Amanda et al. **Social Media & Mobile Internet Use among Teens and Young Adults. Millennials**. Pew Internet & American Life Project, 2010.

MAHDAVI-HEZAVEHI, S.; GALSTER, M.; AVGERIOU, P. Variability in quality attributes of service-based software systems: A systematic literature review. *INFORMATION AND SOFTWARE TECHNOLOGY*, v. 55, n. 2, p. 320-343, 2013.

MEHRABIAN, A. **Web-Based Distance Learning System for Opportunities for Deaf Students**. *age*, v. 12, p. 1, 2007.

MICH, O.; PIANTA, E.; MANA, N. Interactive stories and exercises with dynamic feedback for improving reading comprehension skills in deaf children. *Computers & Education*, v. 65, p. 34-44, 2013.

MORTATTI, M. do R. L. **História dos métodos de alfabetização no Brasil. Departamento de Políticas de Educação Infantil e Ensino Fundamental da Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação**. Brasília, 2006. Disponível em: Acesso em: 01 set, 2014.

OXFORD DICTIONARIES. **Definition of semiotics in English:** Semiotics. Disponível em: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/semiotics>. Acesso em: 01 de junho, 2015.

PARTEN, M. B. Social participation among pre-school children. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**, v. 27, n. 3, p. 243, 1932.

PEIRCE, C.S. **Semiótica**, trad. de Teixeira Coelho. 4 ed. 1ª Reimpressão. São Paulo: Perspectiva, 2012.

PETERSEN, Kai et al. Systematic mapping studies in software engineering. In: **12th international conference on evaluation and assessment in software engineering**. sn, 2008. p. 1-10.

PNUD. **Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento:** Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/ODM.aspx>. Acesso em: 01 de junho, 2015.

QUADROS, R. M. de. **Educação de surdos:** a aquisição da linguagem. Porto Alegre: Artmed, 1997.

QUADROS, R. M.; SCHMIEDT, M.L.P. **Idéias para ensinar português para alunos surdos**. Brasília: MEC, SEESP, 2006.

REBOUÇAS, L.S.; AZEVEDO, O.B. A centralidade da língua para os surdos: pelos espaços de convivência e uso da Libras. In: SÁ, N.R.L. **Surdos: qual escola?**. Manaus: Editora Valer e Edua, 2011.

ROCHA, D. F., BITTENCOURT, I. I., DERMEVAL, D., & ISOTANI, S. **Uma Revisão Sistemática sobre a Educação do Surdo em Ambientes Virtuais Educacionais**. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Vol. 25. No. 1. 2014.

SAGER, F., SPERB, T. M., ROAZZI, A., & Martins, F. M. Avaliação da interação de crianças em pátios de escolas infantis: uma abordagem da psicologia ambiental. **Psicologia: Reflexão e crítica**, v. 16, n. 1, p. 203-215, 2003.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. 1 ed. Coleção Primeiros Passos. São Paulo: Brasiliense, 2006.

SCHLUBAUER, A. R. **Ideias que não se realizam: o debate sobre a educação do povo no Brasil de 1870 a 1914**. Maringá: EDUEM, 1998.

SOARES, M. **Alfabetização e letramento**. São Paulo: Contexto, 2003.

UNESCO. **Towards Inclusive Education for Children with Disabilities:** A Guideline. Thailand: UNESCO Bangkok, 2009. Disponível em: <http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/disabchild09-en.pdf>. Acesso em: 01 de junho, 2015.

VALES, L. dos S. **Pequeno Dicionário Regional de Libras para Artes**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação. 2008. Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15665/000687612.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 de junho, 2015.

WEAVER, K. A.; STARNER, T.; HAMILTON, H. **An evaluation of video intelligibility for novice american sign language learners on a mobile device**. In: Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. ACM, 2010. p. 107-114.

BARBETTA, A.P., REIS, M.M., BORNIA, A.C. **Estatística Para Cursos De Engenharia e Informática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LEHMANN, E. L., CASELLA, E. **Theory of Point Estimation**. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1998.

APÊNDICE A

O aplicativo é constituído pela interação entre componentes dispostos no ambiente 3D e scripts, responsáveis por adicionar estados e comportamentos a estes componentes. Alguns componentes são visíveis apenas ao usuário, como por exemplo, botões e texturas, já outros só se tornam visíveis ao desenvolvedor, como luzes, câmeras, *game objects*, etc., assim como há objetos que são vistos a todo o momento, como é o caso do avatar 3D.

No caso dos botões utilizados em cada cena, são apenas texturas, que possuem comportamentos controlados por scripts. Como pode ser visto no script (Figura 38), há um método na classe base: *Update*. Esse método é executado a cada segundo durante a execução do aplicativo, onde é verificado se há a presença de clique, seja do mouse em caso de computadores ou toque em aparelhos com *touchscreen*, e se esse clique está dentro das dimensões da textura, caso esteja essa textura funciona como um botão. Portanto, as linhas de código dentro do escopo do *if* serão executadas caso as condições requeridas sejam verdadeiras, ou seja, caso o usuário clique na textura.

```
1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3
4 public class Button : MonoBehaviour
5 {
6     void Update()
7     {
8         if (Input.GetMouseButtonDown(0) &&
9             this.gameObject.guiTexture.HitTest(Input.mousePosition))
10        {
11            // Do something
12        }
13    }
14 }
```

Figura 38: Script botão

Com relação ao avatar 3D disposto em cena, temos apenas uma classe e alguns métodos que o gerenciam. Na guia *Animator*, como dito anteriormente temos um grafo, onde cada nó representa um estado ou ação do avatar. Portanto, na Figura 39, a execução do método *GoLetter* faz com que a animação de uma letra seja executada através de métodos presentes no script, então o valor do parâmetro passado na variável *animator*, que corresponde ao valor da animação, é alterado para a animação escolhida, e o parâmetro que permite a execução do estado que contém a animação é alterado para o valor *true*. Portanto, nesse mesmo script há métodos

para a execução da animação de uma letra no alfabeto datilológico, de uma palavra ou sinal de Libras, e expressões de feedback para o usuário, como “Parabéns” e “Tente novamente”.

```

1  using UnityEngine;
2  using System.Collections;
3
4  public class Character : MonoBehaviour {
5      public Animator animator;
6      public static Character instance;
7      public GameObject[] boy;
8      public GameObject[] girl;
9
10     private void Awake()
11     {
12         instance = this;
13     }
14
15     private void Start()
16     {
17         animator = this.gameObject.GetComponent<Animator>();
18         if (PlayerPrefs.GetInt("gender") > 0) {
19             Gender();
20         }
21     }
22
23     public IEnumerator GoLetter(float letter)
24     {
25         // Show only the letter
26         animator.SetBool("LetterToWord", false);
27
28         // To select the letter's animation
29         animator.SetFloat("ChooseLetter", letter);
30
31         // Activates the letter's animation
32         animator.SetBool("GoLetter", true);
33
34         // Pause to change the variable
35         yield return new WaitForSeconds(0.2f);
36         // Deactivates the letter's animation to show only 1 time
37         animator.SetBool("GoLetter", false);
38
39         audio.Play();
40     }

```

Figura 39: Execução de animações

Ainda sobre o avatar 3D, apesar de parecer um único objeto, o que há de fato é um conjunto de objetos 3D que possuem texturas diferentes, e uma estrutura esquelética (*bones*) que faz a conexão entre todas as partes, sendo tudo parte de uma hierarquia. Portanto, afim de otimizar o reuso de objetos, foi modelado um personagem 3D padrão, e objetos como roupa, cabelo e acessórios são mostrados ou ocultados via código, dependendo da escolha do usuário por um menino ou uma menina. Ou seja, tecnicamente há dois arrays que separam esses componentes para que, ao ser preciso exibir o modelo 3D como menina ou menino, os objetos de um array sejam desligados e os objetos do outro array sejam ligados, e vice-versa caso o gênero precise ser alterado.

Como relatado anteriormente, a sequência das informações mostradas ao usuário é representada por um conjunto de cenas, presentes num mesmo projeto no Unity. Cada uma

delas tem um nome e o método para chamá-las, que é o `Application.LoadLevel` (Figura 40). A sequência de tais cenas se dá de uma maneira simples: toda cena tem um objeto, que contém um script, onde ao chamar o método `LoadLevel()` a próxima cena é carregada.

```

1  using UnityEngine;
2  using System.Collections;
3
4  public class EarlyLogo : MonoBehaviour {
5
6      private float newWidth;
7      private float left;
8      private float bottom;
9
10     void Start()
11     {
12         // 75% of the screen.
13         newWidth = (Screen.width / 4) * 3;
14         // Placing logo
15         left = (Screen.width / 2) - newWidth / 2;
16         bottom = (Screen.height / 1.65f) - (newWidth / 2);
17         // Assignment position and size
18         this.guiTexture.pixelInset = new Rect (left, bottom, newWidth, newWidth);
19         // Wait 3 seconds to load next scene.
20         StartCoroutine (Advance(3));
21     }
22
23     private IEnumerator Advance(short t)
24     {
25         //Wait t seconds
26         yield return new WaitForSeconds(t);
27         //Load next scene
28         if (PlayerPrefs.GetInt("gender") > 0)
29         {
30             Application.LoadLevel ("SceneMap1");
31         }
32         else if (PlayerPrefs.GetInt("gender") == 0)
33         {
34             Application.LoadLevel ("SceneChooseGender");
35         }
36     }
37 }

```

Figura 40: Invocação do método `Application.LoadLevel`

O script `EarlyLogo` está num objeto que contém uma textura. Ele tem dois objetivos: ao iniciar o aplicativo, o script define as dimensões da logo na tela, e 3 segundos após isso o script verifica se o gênero do modelo 3D foi definido, se sim, ele chama a cena do mapa, senão, chama a cena onde o usuário escolhe o gênero do personagem 3D.

Tendo em vista o funcionamento das cenas, é de suma importância perceber como é executada a sequência das relações mostradas no modelo teórico apontado na seção anterior. Portanto, cada relação complexa é composta de três cenas, onde cada uma representa uma parte da relação, ou seja, *Representâmen*, *Objeto* e *Interpretante*. Há um script chamado `Pyramids` (Figuras Figura 41 e Figura 42), que possui um conjunto de métodos (`Bit1()`... `BitN()`), onde cada um executa uma cena, e logo após sua execução um contador incluso (`level`) no referido script é incrementado, dando sequência a próxima cena que corresponde a próxima parte da relação executada. Quando finalizada a relação, o usuário é levado ao mapa da aplicação. Cabe a ressalva que antes o modelo semiótico era visto como estrutura de Pirâmides, por isso o script que controla as cenas se chama `Pyramids`.

```

1  using UnityEngine;
2  using System.Collections;
3
4  public class Pyramids : MonoBehaviour {
5      private GameObject hermes;
6      private Provider provider;
7
8      // Current letter. Get her through the object tag that contains
9      // the letter texture on map.
10     private char l;
11     // Indicates the current word to be learned.
12     private int status;
13     // Multidimensional array's position that contains the array that
14     // contains the word to be learned.
15     private int position;
16
17     // To release the exercise if this is a "decisive" letter
18     public int exercise;
19     public bool decisive;
20
21     public int level;
22
23     public void Begin()
24     {
25         Next();
26     }
27
28     public void Next()
29     {
30         this.level = this.gameObject.GetComponent<Message>().level;
31
32         if (level == 0) {
33             this.gameObject.GetComponent<Message>().level++;
34             Bit1();
35         } else if (level == 1) {

```

Figura 41: Script Pyramids (a)

```

93     } else if (level == 11) {
94         this.gameObject.GetComponent<Message>().level++;
95         Bit12();
96     } else if (level == 12) {
97         this.gameObject.GetComponent<Message>().level++;
98         Bit13();
99     }
100 }
101 private void Bit1 () { Application.LoadLevel("SceneShowTexWord"); }
102 private void Bit2 () { Application.LoadLevel("SceneShowSigWord"); }
103 private void Bit3 () { Application.LoadLevel("SceneShowSigTexWord"); } // Pyra
104 private void Bit4 () { Application.LoadLevel("SceneShowTexWord"); }
105 private void Bit5 () { Application.LoadLevel("SceneShowTexLetter"); }
106 private void Bit6 () { Application.LoadLevel("SceneShowTexLetterWord"); } // Pyra
107 private void Bit7 () { Application.LoadLevel("SceneShowTexLetter"); }
108 private void Bit8 () { Application.LoadLevel("SceneShowSigLetter"); }
109 private void Bit9 () { Application.LoadLevel("SceneShowSigTexLetter"); } // Pyra
110 private void Bit10() { Application.LoadLevel("SceneShowSigLetter"); }
111 private void Bit11() { Application.LoadLevel("SceneShowSigWord"); }
112 private void Bit12() { Application.LoadLevel("SceneShowSigLetterAndWord"); } // Pyra
113
114 private void Bit13() {
115     LiberarProximo();
116     Application.LoadLevel("SceneMap" + this.gameObject.GetComponent<Message>().map);
117 }

```

Figura 42: Script Pyramids (b)

Os exercícios funcionam de forma similar, porém com apenas quatro cenas, onde são mostrados conteúdos já apresentados, e é solicitado ao usuário clicar ou apertar em algum botão, que faz a conferência de tais conteúdos.

Outro script importante para o correto funcionamento do aplicativo é o Message (Figura 43), que é responsável por levar informações de uma cena para outra, antes que todos os objetos da cena atual sejam destruídos. Tal script está associado a um *game object* presente em todas as cenas, responsável por transportar informações entre uma cena e outra em tempo de execução. Como por exemplo, uma cena feita apenas para exibir a animação de um sinal, onde

a escolha do sinal que será exibido é feita a partir de informações dadas pelo script Message contido no nesse *gameobject* advindo de uma cena anterior.

```
1 using UnityEngine;
2 using System.Collections;
3
4 public class Message : MonoBehaviour
5 {
6     // Salva a letra a ser ensinada para ser como mensagem para
7     // fases de ensino
8     public char letter;
9     // Salva o índice da palavra no vetor multidimensional de texturas
10    public int word;
11    // Indica qual cena deve ser exibida se tratando de ensino
12    public int level;
13    // Indica qual exercício está sendo feito
14    public string exercise;
15    // Indica pra qual mapa deve voltar depois da lição ou exercício
16    public int map;
17    // Quantas estrelas foram ganhas no exercício
18    public int stars;
19 }
20
```

Figura 43: Script Message

E por fim, a Unity fornece um mecanismo de persistência num pequeno banco de dados, utilizado aqui para guardar o estado atual da aplicação quando o usuário encerrar suas atividades, ou mudar de uma cena para outra. Portanto, houve reuso da classe *PlayerPrefs*, que manipula os dados armazenados, onde quatro métodos são delegados ao gerenciamento dos dados, sendo eles: um método para salvar; um para verificar o dado; um para deletar um dado específico; e um para deletar o banco inteiro.