

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

TAGARELA: MÓDULO DE DESENVOLVIMENTO E
AQUISIÇÃO DE LINGUAGEM PARA CRIANÇAS AUTISTAS

GUILHERME SAUTNER

BLUMENAU
2017

GUILHERME SAUTNER

**TAGARELA: MÓDULO DE DESENVOLVIMENTO E
AQUISIÇÃO DE LINGUAGEM PARA CRIANÇAS AUTISTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Profa. Joyce Martins, Mestre - Orientadora

**BLUMENAU
2017**

**TAGARELA: MÓDULO DE DESENVOLVIMENTO E
AQUISIÇÃO DE LINGUAGEM PARA CRIANÇAS AUTISTAS**

Por

GUILHERME SAUTNER

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado
para obtenção dos créditos na disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso II pela banca
examinadora formada por:

Presidente: _____
Profa. Joyce Martins, Mestre – Orientadora, FURB

Membro: _____
Profa. Gabriele Jennrich Bambineti, Especialista – FURB

Membro: _____
Prof. Dalton Solano dos Reis, Mestre – FURB

Blumenau, 03 de julho de 2017

Dedico este trabalho a minha primeira professora Adelaide Sautner, por ter dedicado sua vida a causa da educação. Além de mãe e pai, foi quem mais se dedicou para que eu pudesse chegar onde cheguei.

AGRADECIMENTOS

A todos amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

Aos profissionais do Centro Municipal de Educação Alternativa, pelo apoio durante todo o processo de elaboração e testes do aplicativo.

A todos os professores que tive ao longo do caminho. Principalmente aos professores da FURB que diretamente ou indiretamente contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Em especial, a minha orientadora Joyce Martins, por toda dedicação e paciência em me conduzir para a conclusão do trabalho.

Quanto mais longe uma criança com autismo caminha sem ajuda, mais difícil se torna alcançá-la.

Talk About Autism

RESUMO

Este trabalho apresenta a especificação e a implementação de um aplicativo móvel, que visa auxiliar o desenvolvimento e aquisição de fala por crianças autistas. O aplicativo permite que uma criança execute, através de um jogo, atividades que foram preparadas por um especialista. O especialista pode acompanhar as atividades realizadas, adaptando-as de acordo com as características individuais da criança. O aplicativo foi especificado em conjunto com fonoaudiólogas de forma que pudesse ser utilizado como ferramenta no processo de avaliação fonológica de crianças. Na implementação foi utilizado o *framework* Ionic, que disponibiliza um conjunto de componentes gráficos e ferramentas para gerar aplicações para múltiplas plataformas. Para persistência dos dados foi usado o Firebase, que mantém os dados sincronizados entre servidor e dispositivos móveis. A avaliação do aplicativo foi realizada através de um teste de usabilidade por uma fonoaudióloga que também participou da etapa de especificação. Mesmo existindo melhorias a serem feitas para permitir auxiliar a análise do inventário fonético de crianças, os objetivos propostos foram atingidos.

Palavras-chave: Reconhecimento de voz. Síntese de voz. Autismo. Avaliação fonológica.

ABSTRACT

This work presents the specification and implementation of a mobile app, which aims to aid (upgrade, enrich, improve) the development and acquisition of speak by autistic children. The app allows a child to perform, through a game, activities that have been prepared by a specialist. The specialist can follow the performed activities, adjusting them according to each individual characteristic of the child. The app was specified along with speech therapists in a way it could be used as a tool in the phonological assessment of children. Regarding its implementation, the Ionic framework was used, which provides a set of graphic components and tools to generate apps for multiple platforms. For data persistence the Firebase was adopted, which maintains the data synchronized between server and mobile devices. The app evaluation was made through a usability test by a speech therapist, who also participate the specification stage. Although there were improvements to be made to allow assisting the analysis of phonetic inventory of the children, the proposed objectives were achieved.

Keywords: Voice recognition. Voice synthesis. Autism. Phonological evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seleção de fonema e sua posição	20
Figura 2 – Reconhecimento dos fonemas.....	20
Figura 3 – Estímulos modelo e de comparação.....	21
Figura 4 – Academia da Articulação	22
Figura 5 – Reconhecimento da pronúncia de palavras com acerto e erro	23
Figura 6 – Utilização de uma prancha	24
Figura 7 – Protótipo: dicionário, plano e palavras.....	28
Figura 8 – Protótipo: jogo e realização.....	28
Figura 9 – Diagrama de caso de uso do aplicativo	29
Figura 10 – Diagrama de arquitetura do aplicativo	30
Figura 11 – Tela inicial.....	36
Figura 12 – Relação tutor-paciente.....	37
Figura 13 – Opções do tutor	37
Figura 14 – Dicionário de Palavras	38
Figura 15 – Inclusão de atividades	39
Figura 16 – Edição de atividades.....	40
Figura 17 – Jogo: escolha de atividade.....	40
Figura 18 – Jogo: realização de atividade	41
Figura 19 – Histórico de atividades	42
Figura 20 – Evolução dos protótipos.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ficha de dados	17
Quadro 2 – Salvar realização off-line.....	33
Quadro 3 – Sincronizar realizações	33
Quadro 4 – Salvar realização on-line	34
Quadro 5 – Parâmetros para armazenar o áudio reconhecido	35
Quadro 6 – Indicativo de progresso de atividade	35
Quadro 7 – Comparativo entre os trabalhos correlatos	44
Quadro 8 – UC01: Manter usuário	50
Quadro 9 – UC02: Enviar convite	50
Quadro 10 – UC03: Aceitar convite	50
Quadro 11 – UC04: Jogar.....	51
Quadro 12 – UC05: Manter dicionário.....	51
Quadro 13 – UC06: Manter atividades.....	52
Quadro 14 – UC07: Manter palavra	53
Quadro 15 – UC08: Manter imagens.....	53
Quadro 16 – UC09: Visualizar histórico	54
Quadro 17 – Questionário de avaliação.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFC – Avaliação Fonológica da Criança

AMR – Adaptive Multi-Rate

API – Application Programming Interface

ASR – Automatic Speech Recognition

CEMEA – Centro Municipal de Educação Alternativa

FSDP – Final de Sílabas, Dentro de Palavra

FSFP – Final de Sílabas, Final de Palavra

ISDP – Início de Sílabas, Dentro de Palavra

ISIP – Início de Sílabas, Início de Palavra

RF – Requisito Funcional

RNF – Requisito Não Funcional

TTS – Text-To-Speech

UC – Caso de Uso

UML – Unified Modeling Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 ESTRUTURA.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 AUTISMO E O DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM	15
2.2 AVALIAÇÃO FONOLÓGICA DA CRIANÇA.....	16
2.3 SÍNTESE E RECONHECIMENTO DE VOZ	18
2.4 TRABALHOS CORRELATOS	19
2.4.1 Speech Therapy	19
2.4.2 Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo	20
2.4.3 Academia da Articulação	21
2.5 FERRAMENTA ATUAL	22
2.5.1 Aplicativo para auxiliar crianças autistas no desenvolvimento e aquisição de linguagem	23
2.5.2 Tagarela.....	24
3 DESENVOLVIMENTO	26
3.1 REQUISITOS.....	26
3.2 ESPECIFICAÇÃO	26
3.2.1 Prototipação e validação	27
3.2.2 Casos de uso.....	29
3.2.3 Arquitetura do aplicativo.....	30
3.3 IMPLEMENTAÇÃO	31
3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	32
3.3.2 Persistência dos dados.....	32
3.3.3 Reconhecimento de voz	34
3.3.4 Progresso de atividade.....	35
3.3.5 Operacionalidade da implementação	35
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
3.4.1 Interface e usabilidade.....	42
3.4.2 Apresentação do aplicativo no CEMEA	43

3.4.3 Comparativo entre o trabalho desenvolvido e os trabalhos correlatos.....	44
4 CONCLUSÕES.....	46
4.1 EXTENSÕES	47
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE A – DETALHAMENTO DOS CASOS DE USO DA APLICAÇÃO	50
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO.....	55

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a tecnologia está influenciando o comportamento das pessoas, principalmente o das crianças que estão cada vez mais cedo entrando em contato através de celulares e tablets (SALEH, 2014). Dispositivos móveis, no geral, despertam muito o interesse das crianças, pois, segundo Saleh (2014, p. 1), “As luzes, as cores, as animações e os sons que aparecem na tela de tablets e smartphones são superestimulantes para as crianças e, naturalmente, despertam sua atenção.” Sendo assim, esse tipo de tecnologia pode ser usado no desenvolvimento dos pequenos, através de aplicações específicas para auxiliar no processo de ensino de crianças com ou sem distúrbios de aprendizagem.

Uma aplicação existente neste contexto é o Tagarela (REIS et al., 2014), criado inicialmente como ferramenta de comunicação alternativa para crianças com dificuldades fonoarticulatórias. Atualmente o Tagarela está sendo transformado em uma plataforma que permite a incorporação de módulos e jogos, permitindo o compartilhamento de experiências e atividades.

Pode-se também citar aplicações específicas para auxílio do processo de aprendizagem de autistas, já que o autismo¹ é uma síndrome que possui diversos aspectos que podem ser bem trabalhados com o uso da tecnologia. Cunha (2011a, p. 14) afirma que “Um dos principais fatores que motivam o uso de computadores no tratamento dessas pessoas é que por meio deles é possível criar ambientes controlados, interessantes e sem distrações.” A partir dessa afirmação, foi desenvolvido por Goulart (2016) um aplicativo para auxiliar crianças autistas no desenvolvimento e aquisição da linguagem. Goulart (2016) apresentou o aplicativo para fonoaudiólogas do Centro Municipal de Educação Alternativa (CEMEA) de Blumenau, que apontaram a viabilidade de uso pelos especialistas da entidade em sessões com crianças autistas, desde que fossem incluídas algumas funcionalidades, entre elas, a adoção de palavras correspondentes ao protocolo de fonologia (YAVAS; HERNADORENA; LAMPRECHT, 1991).

Diante do exposto, este trabalho tem o intuito de estender o Tagarela incluindo um módulo para crianças autistas, com funcionalidades semelhantes ao aplicativo proposto por

¹ Pode ser definido como “[...] um transtorno do desenvolvimento, que manifesta-se antes dos três anos de idade e compromete todo o desenvolvimento psiconeurológico, afetando a comunicação (fala e entendimento) e o convívio social, apresentando em muitos casos um retardo mental, mutismo ou importantes atrasos no desenvolvimento da linguagem” (VIVEIROS, 2008, p. 12-13).

Goulart (2016), que permita desenvolver a correta pronúncia de palavras, auxiliando, assim, o processo de aquisição de linguagem.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é criar um aplicativo móvel, como um módulo do Tagarela, que permita o desenvolvimento e aquisição de fala por crianças autistas.

Os objetivos específicos são:

- a) criar planos de atividades para cada criança com base nas suas características individuais, permitindo o acompanhamento por especialistas e tutores;
- b) usar síntese e reconhecimento de voz para facilitar o processo de aprendizagem;
- c) seguir o protocolo de fonologia e o processo de aprendizagem adotado pelo CEMEA.

1.2 ESTRUTURA

Este trabalho está dividido em quatro capítulos. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica necessária para o entendimento deste trabalho. O terceiro capítulo trata do desenvolvimento, onde são descritos os Casos de Uso (UC), a arquitetura da aplicação e suas principais características, assim como a operacionalidade do aplicativo desenvolvido e os resultados obtidos. Por fim, tem-se as conclusões do trabalho e sugestões para extensões futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos mais relevantes que são tratados no trabalho. A primeira seção trata do autismo e do desenvolvimento da linguagem. Em seguida é abordado o processo de avaliação fonológica da criança, bem como os conceitos relacionados à síntese e ao reconhecimento de voz. Também são descritos trabalhos correlatos a este trabalho. Por fim, têm-se as principais funcionalidades do aplicativo proposto por Goulart (2016) e do Tagarela.

2.1 AUTISMO E O DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM

Viveiros (2008) descreve que uma característica apresentada por crianças autistas é a manifestação da repetição da fala do outro. Essas reproduções, imediatas ou atrasadas (em outro momento), são características da ecolalia, sendo que, no caso autista, é muito frequente e não pode ser considerada como comunicação verbal com sentido. Notbohm (2005) afirma que muitos autistas possuem dificuldades em lidar com eventos não previstos, ou seja, eventos pouco claros sem início e fim, assim como variações nos sentidos (barulho ou contato) podem ocasionar surtos de ansiedade. Nesse sentido, a criação de atividades com início e fim bem estabelecidos e estímulos visuais e sonoros controlados são fundamentais em um ambiente de aprendizado para crianças com autismo (VIVEIROS, 2008).

Cunha (2011b) apresenta algumas sugestões para melhorar o aprendizado de crianças com autismo. As atividades devem ser pequenas, de maneira que possam ser empregadas de forma gradual, que permitam usar técnicas e estímulos variados. Durante a realização das atividades deve ser possível coletar e analisar os dados de forma a melhorar o programa de aprendizado da criança. Todos os procedimentos devem ser realizados e mediados por um profissional capacitado, para garantir que maximizem a aprendizagem e que evitem situações de desconforto. Nesse sentido, o envolvimento do profissional garante a conformidade das questões éticas.

Ainda, um item importante é a recompensa pelo aprendizado. Cunha (2011b) realizou um experimento usando um jogo de computador onde o uso do reforço audiovisual estimulou as crianças na repetição da atividade proposta. Nesse estudo, foi verificado que as recompensas e congratulações animadas despertaram a atenção conjunta nas crianças com autismo de grau leve. Nos casos de grau mais elevado, foi necessário realizar ajustes, tais como aumento da fonte, mudança nas cores e reposicionamento dos itens e ações. Indiferente do grau de autismo, todos demonstraram em algum momento, vontade de envolver o mediador.

2.2 AVALIAÇÃO FONOLÓGICA DA CRIANÇA

De acordo Setor de Fonoaudiologia (2016), sabe-se que a manifestação de aquisição de linguagem varia de criança para criança, sendo que no geral certos fonemas já são esperados em determinada idade e determinados fonemas só são adquiridos após a aquisição de outros. Por exemplo, é esperado que uma criança de até dois anos e meio adquira o fonema “NH”, só que para isso ela já tem que ter adquirido o fonema “N”, previsto para dois anos de idade. Assim, se uma criança não adquirir certo fonema em um determinado período, tem-se um atraso maior ou a não aquisição da linguagem.

Nesse caso, deve-se identificar a causa do atraso, podendo ele ser (SETOR DE FONOAUDIOLOGIA, 2016): (a) orgânico, alguma deficiência ou síndrome; (b) afetivo, como rejeição; ou (c) ambiental, em casos de privação e pouco estímulo. Dependendo da causa, certos encaminhamentos podem ser realizados, como, por exemplo, em casos de ambientes com pouco estímulo é sugerida a adoção de jogos, músicas e contação de histórias. Observa-se que no geral é possível destacar as seguintes recomendações: não exigir uma produção além da esperada para a idade; não repetir uma pronúncia errada, isto é, fornecer sempre a pronúncia correta para que a criança use-a como modelo de repetição.

Após identificar as possíveis causas e atrasos, é possível realizar verificações de palavras já adquiridas e o correto tratamento dos desvios existentes. Nesse sentido, o CEMEA adota o método proposto por Yavas, Hernadorena e Lamprecht (1991) para elaboração do inventário fonético de crianças e o posterior tratamento, levando em conta as informações e os dados obtidos durante a avaliação fonológica. O processo de coleta de informações é de extrema importância para a identificação de características únicas de cada criança, o que irá permitir a elaboração de um bom tratamento (YAVAS; HERNADORENA; LAMPRECHT, 1991).

Os autores propõem um instrumento, chamado de Avaliação Fonológica da Criança (AFC), que consiste em um conjunto de 125 palavras escolhidas dentre as que formam o vocabulário de crianças a partir de 3 anos e permitem uma interação através de imagens ou desenhos. Mas nem todas as palavras possuem uma boa representação visual. Nesses casos, é necessário criar uma narrativa para estimular a criança. Para auxiliar nesse processo, o instrumento oferece cinco desenhos temáticos (veículos, sala, banheiro, cozinha, zoológico) que facilitam a criação de narrativas.

As 125 palavras do AFC são divididas em 97 básicas e 28 opcionais, sendo que no primeiro conjunto existe no mínimo 3 ocorrências de um fonema consonantal em todas as

posições possíveis na estrutura silábica. Tomando o fonema /s/ como exemplo, pode-se verificar as posições possíveis previstas no instrumento através das palavras: sol - Início de Sílabas, Início de Palavra (ISIP); açúcar - Início de Sílabas, Dentro de Palavra (ISDP); floresta - Final de Sílabas, Dentro de Palavra (FSDP); lápis - Final de Sílabas, Final de Palavra (FSFP). Observa-se que a maioria das palavras está contida nas posições ISIP e ISDP e que as demais foram consideradas pela sua importância tanto para crianças sem quanto para as com desvio (YAVAS; HERNADORENA; LAMPRECHT, 1991).

Para elaborar o inventário fonético, é fundamental registrar todos os sons produzidos pela criança durante o levantamento. Para isso, no CEMEA é aplicada a ficha de avaliação mostrada no Quadro 1. Nessa ficha é possível identificar a criança, sua idade, data da coleta e observações que possam existir quanto ao paciente. As palavras são listadas em ordem de aquisição, sendo que as identificadas com * não são obrigatórias. Para cada palavra, existem dois espaços, um para anotar observações quanto à verificação realizada (REALIZAÇÃO) e outro quanto à aquisição completa ou parcial de cada palavra (OBS.). Os sons omitidos são representados pelo fonema esperado seguido de \emptyset (omissão), como a aquisição da palavra número 135 (Quadro 1), onde a criança omitiu a pronúncia do fonema r. Outro caso é a substituição de um fonema por outro, representado pelo fonema esperado seguido do fonema pronunciado. Um exemplo de substituição é a realização de número 137 onde a criança substituiu o fonema r pelo fonema l.

Quadro 1 – Ficha de dados

Nome: H Idade: 7:2 Data da coleta: 9/87			Obs.:
Nº	PALAVRA	REALIZAÇÃO	OBS.
131	cavalo	kafalu	v → f
132	chego	šeku	g → k
133	chorando	šolã ⁿ du	r → l
134	desenho	tezeñu	d → t
135	dormir	tumi	d → t r → \emptyset
136	escolher	isko ðe	
137	era	ɛ la	r → l

Fonte: Yavas, Hernadorena e Lamprecht (1991, p. 46).

2.3 SÍNTESE E RECONHECIMENTO DE VOZ

Atualmente diversas aplicações e equipamentos estão sendo empregados no auxílio da interação homem máquina. Assim, segundo Costa et al. (2012), fazendo o uso de sistemas Text-To-Speech (TTS), é possível realizar a conversão de texto para fala mecanizada. Com a utilização de TTS, as aplicações de acessibilidade facilitam o uso de computadores por pessoas com alguma deficiência visual ou de fala, como é o caso do Stephen Hawking que faz uso de um assistente pessoal para se comunicar (MCLELLAN, 2016). Outra tecnologia de voz existente é o de reconhecimento automático de voz (Automatic Speech Recognition - ASR), que permite que o homem possa interagir com uma máquina somente através de comandos de voz. A conversão de texto para fala artificial dos sistemas TTS e a utilização do reconhecimento de voz para geração de texto dos sistemas ASR utilizados em conjunto têm sido a base dos assistentes virtuais atuais sendo eles, como cita McLellan (2016), Siri da Apple, Google Now, Cortana da Microsoft e Alexa da Amazon.

Uma das técnicas mais conhecidas de ASR é apresentada por McLellan (2016), onde o reconhecimento é executado em duas camadas: *front-end* e *back-end*. O *front-end* efetua a conversão das ondas de fala em representações digitais, assim como o tratamento de interferências como ruídos. Essas representações são quebradas em blocos e agrupadas para serem processadas. No *back-end* o processamento ocorre através de três componentes: (a) o modelo acústico, que consiste em selecionar as representações matemáticas similares de um banco de dados de voz, criado a partir de características acústicas extraídas de várias amostras de vozes; (b) um filtro aplicado aos possíveis fonemas selecionados anteriormente ficando somente os que são compatíveis com um dicionário fonético conhecido; (c) outro filtro aplicado de acordo com o modelo de linguagem, onde são escolhidas dentre as palavras aquela que faz mais sentido.

Costa et al. (2012) apresenta o sistema TTS através das mesmas camadas, sendo que este realiza o processo inverso ao ASR, transformando texto em voz sintetizada. O *front-end* inicialmente converte o texto de entrada e efetua uma análise textual, para converter números, datas e abreviações em suas representações textuais. Na sequência é realizada a análise fonética e geração prosódica que, através de um dicionário, irá determinar sentido e entonação dos fonemas. No *back-end* as informações geradas são convertidas em sinais de onda sonora que irão compor a fala sintetizada.

Segundo Oliveira et al. (2011), o modelo acústico é o maior desafio para realizar o correto reconhecimento da fala em um sistema ASR, sendo que nos sistemas TTS o uso

desses modelos acústico representa uma transcrição mais correta e precisa. McLellan (2016) afirma que ao longo dos anos o modelo acústico tem ficado mais preciso. Um dos principais fatores é a adoção de aprendizado de máquina no treinamento dos modelos acústicos para evitar o erro no reconhecimento da palavra. Esses mesmos modelos acabam aperfeiçoando os filtros aplicados no *back-end* dos ASR que tratam os ruídos gerados no ambiente. Segundo McLellan (2016), os principais assistentes virtuais que estão com as menores taxas de erro são Siri da Apple com 5% e o Google Now com 8%. Observa-se que Google Developers (2016) fornece uma grande base de modelos acústicos, sendo que uma delas é em português do Brasil, que no caso é compartilhado entre o Google Now e as outras ferramentas que fazem o uso da Application Programming Interface (API).

2.4 TRABALHOS CORRELATOS

São descritos trabalhos correlatos ao trabalho proposto: o aplicativo Speech Therapy (GOOGLE PLAY, 2015), o jogo desenvolvido por Cunha (2011a, 2011b) e a Academia da Articulação (FERNANDES et al. 2016).

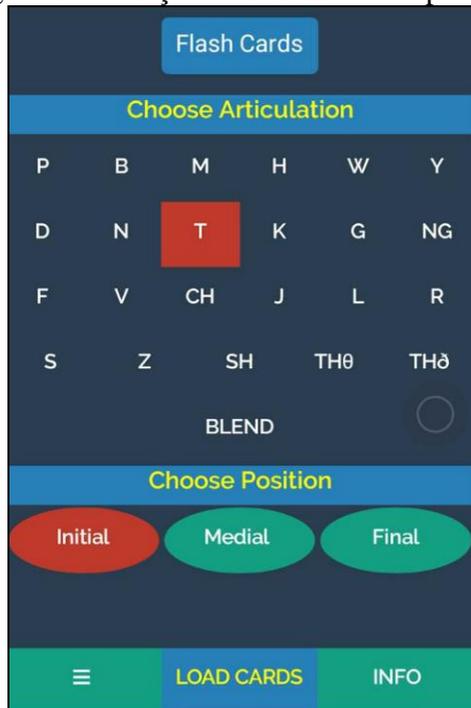
2.4.1 Speech Therapy

Speech Therapy é um aplicativo gratuito desenvolvido pela KidsAppBaba para Android e iOS, disponível no Google Play (2015). Pode ser usado por pais, professores e especialistas em terapia de crianças com distúrbios da fala, como gogos ou autistas.

O aplicativo possui mais de 1200 palavras em inglês agrupadas por fonemas. Cada fonema pode estar presente no início, meio ou fim da palavra. Ao selecionar um fonema e sua posição (Figura 1), são apresentadas palavras, uma a uma, respeitando os critérios selecionados (Figura 2). Cada palavra possui uma imagem associada, sendo que ao clicar sobre a imagem é reproduzida a pronúncia esperada para a palavra. Pode-se, então, tentar pronunciar a palavra apresentada. A cada tentativa, é mostrada a palavra reconhecida pelo aplicativo, conforme pode ser observado na Figura 2(a).

É possível também pular uma palavra (Figura 2(b)) ou informar se a palavra foi dita de forma correta ou errada (Figura 2(c)). Isso permite que, mesmo que o reconhecimento de voz falhe, um tutor possa definir a resposta como certa ou errada. Outra característica importante é que, para cada tentativa com erro, o aplicativo reproduz frases motivadoras. Algumas frases reproduzidas após uma pronúncia errada são: “Você conseguirá!”, “Você é capaz!”, “Vamos tentar novamente.” e “Você está realmente se esforçando.”, e após a pronúncia correta ouve-se: “Fantástico”, “Bom” e “Incrível”.

Figura 1 – Seleção de fonema e sua posição



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 – Reconhecimento dos fonemas



Fonte: elaborado pelo autor.

2.4.2 Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo

Cunha (2011b) desenvolveu um jogo web para ensinar vocabulário para crianças com autismo. O jogo baseia-se no paradigma de equivalência de estímulos, apresentando um estímulo modelo e estímulos de comparação, “para que o aprendiz selecione [...] aquele que julga ser ‘correto’” (CUNHA, 2011b, p. 25), sendo a resposta correta recompensada. O jogo apresenta, conforme pode ser observado na Figura 3: (a) um estímulo modelo, podendo ser tanto uma palavra escrita ou sintetizada pelo personagem, como uma figura, ou ambos; (b) estímulos de comparação, em quantidade configurável (até cinco) de figuras ou palavras, onde uma delas corresponde ao estímulo modelo. Na parte superior à esquerda (Figura 3), tem-se estrelas que representam as “partidas” jogadas, que são preenchidas a cada equivalência acertada. Para cada palavra, certa é fornecido um reforço audiovisual: figura e sintetização da palavra correspondente. Como o jogo é voltado para crianças autistas, de diferentes idades e com diferentes níveis de desenvolvimento, é possível configurar o jogo para cada uma delas.

Para validar este jogo, foi realizado um estudo para verificar a eficácia na aquisição de vocabulário por crianças autistas. O estudo foi dividido em quatro fases (CUNHA, 2011b):

- a) pré-avaliação: para estabelecer um vocabulário desconhecido pela criança;
- b) pré-treino: para treinar a criança no uso do jogo, utilizando um vocabulário conhecido por ela;

- c) treinamento: para ensinar à criança o vocabulário desconhecido, levantado na etapa (a);
- d) pós-avaliação: para verificar a retenção do vocabulário ensinado, após períodos variados de não exposição às palavras.

Figura 3 – Estímulos modelo e de comparação



Fonte: adaptado de Cunha (2011b, p. 28).

O estudo verificou que crianças com um grau leve de autismo conseguiram reter todas as palavras ensinadas. Mas, para graus mais severos, são necessárias customizações para facilitar a aprendizagem. Outro ponto verificado foi o reforço audiovisual nos acertos, que despertaram o interesse da criança em pronunciar a palavra que acertou.

2.4.3 Academia da Articulação

A Academia da Articulação foi desenvolvido pela Smarty Ears (FERNANDES et al., 2016), empresa que se destaca por ser a primeira no mundo a criar aplicativos voltados a crianças com distúrbios de fala e linguagem. O aplicativo foi desenvolvido para dispositivos iOS, sendo uma ferramenta para que tutores (pais, professores, fonoaudiólogos) usem para guiar as crianças no correto aprendizado de fonemas da língua portuguesa.

Inicialmente, deve-se adicionar as informações da criança (nome e foto). Em seguida, é apresentado o conjunto de fonemas disponíveis, que podem ser selecionados para um exercício. Durante o exercício, conforme pode ser observado na Figura 4, é possível

determinar a posição do fonema na palavra (inicial, medial, final). Para cada palavra apresentada, é mostrada uma imagem relacionada. Ao clicar sobre a imagem, é ouvida a pronúncia desejada. É possível gravar a voz da criança e validar a pronúncia realizada. Por fim, o tutor determina o acerto selecionando uma entre três opções: verde para pronúncia correta, amarelo para pronúncia quase correta e vermelho para pronúncia errada. Ao terminar uma sessão de exercícios, tem-se as estatísticas do aprendizado, permitindo um acompanhamento das atividades praticadas.

Figura 4 – Academia da Articulação



Fonte: Fernandes et al. (2016).

2.5 FERRAMENTA ATUAL

Como já mencionado, este trabalho propõe uma extensão do Tagarela através do desenvolvimento de um aplicativo móvel para desenvolvimento e aquisição da linguagem por crianças autistas, com funcionalidades semelhantes ao aplicativo proposto por Goulart (2016). Sendo assim, são descritos: o aplicativo desenvolvido por Goulart (2016), que utiliza conceitos de *gamification*², e o Tagarela (REIS et al., 2014), uma aplicação de comunicação alternativa.

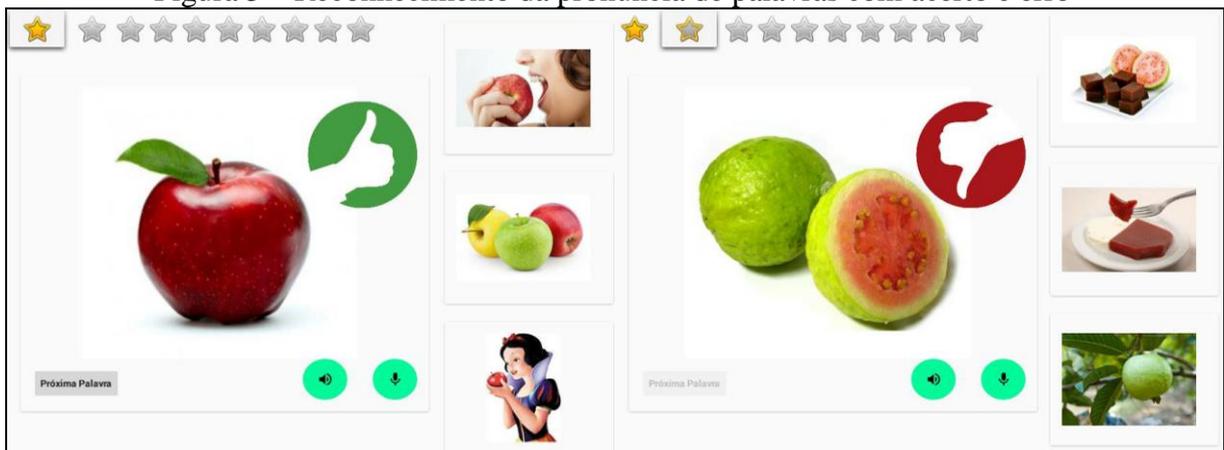
² Simões et al. (2013, p. 1117) define o termo *gamification* como a “aplicação de elementos característicos dos videogames em contextos não lúdicos com o objetivo de aumentar os níveis de envolvimento e de motivação dos participantes em atividades nesses contextos.”

2.5.1 Aplicativo para auxiliar crianças autistas no desenvolvimento e aquisição de linguagem

O aplicativo desenvolvido por Goulart (2016) para plataforma Android tem como objetivo fornecer um ambiente lúdico que utiliza o reconhecimento de voz e imagens para validar a correta pronúncia de palavras faladas por crianças autistas. O aplicativo possui um dicionário com 90 palavras divididas em categorias e classificadas de acordo com a complexidade silábica. Existem três categorias disponíveis: frutas, animais e objetos. Cada categoria possui uma classificação das 10 palavras que a compõem por nível de complexidade silábica, sendo eles: fácil, médio ou difícil.

Para cada palavra a ser pronunciada, são apresentadas quatro imagens para auxiliar na identificação da mesma, como pode ser observado na Figura 5. Tem-se duas opções: ouvir a pronúncia da palavra (alto falante) ou pronunciar a palavra correspondente às imagens apresentadas (microfone). Ao ser pressionado o microfone, é ativada a entrada para detecção da voz e, conseqüentemente, para o reconhecimento da palavra. Após verificada a pronúncia, é apresentado um indicativo de acerto (Figura 5 à esquerda) ou de erro (Figura 5 à direita). No caso de acerto, além da indicação de sucesso, a criança ganha uma estrela dourada. Caso contrário, a estrela fica apenas com a borda dourada. As estrelas douradas são usadas para definir a pontuação da criança e atribuir medalhas (ouro, prata, bronze). Por fim, para passar para a próxima palavra, deve-se acertar a pronúncia ou efetuar cinco tentativas com erro.

Figura 5 – Reconhecimento da pronúncia de palavras com acerto e erro



Fonte: Goulart (2016, p. 40).

No desenvolvimento do aplicativo, Goulart (2016) definiu Requisitos Funcionais (RF) e Não Funcionais (RNF), sendo que os principais são os seguintes:

- a) RF01 - reconhecer as palavras de um dicionário pré-estabelecido;
- b) RF02 - possuir imagens relacionadas a cada palavra;
- [...]
- d) RF04 - possuir um recurso que realize a pronúncia das palavras através da

- síntese de voz;
- e) RF05 - possuir categorias de palavras e níveis de dificuldade a partir da complexidade silábica;
 - f) RF06 - possuir um sistema de pontuação;
 - g) RF07 - utilizar reconhecimento de voz para validar a correta pronúncia das palavras;
- [...]
- l) RNF04 - utilizar a API *Speech* do Google para efetuar o reconhecimento e a síntese de voz. (GOULART, 2016, p. 23).

2.5.2 Tagarela

O Tagarela foi desenvolvido com o objetivo de fornecer um ambiente de comunicação alternativa, focado em crianças com necessidades especiais e limitações fonoarticulosa. Permite também a troca de experiências entre as pessoas envolvidas, além do armazenamento do histórico das atividades realizadas (REIS et al., 2014). A primeira versão desse projeto, desenvolvida por Fabeni (2012) para a plataforma iOS, permitia a criação e o compartilhamento de experiência através da criação e execução de planos de atividades para estimular a capacidade de comunicação do usuário. Posteriormente, outro trabalho foi realizado por Marco (2014), levando o projeto para a plataforma Android e incorporando novos conceitos para melhorar a experiência do usuário. A última versão do projeto foi desenvolvida por Wippel (2015), que migrou para plataforma PhoneGap, possibilitando a execução nas plataformas Android, IOS e web.

A principal funcionalidade do aplicativo é permitir a utilização de pranchas de comunicação (Figura 6), onde uma prancha consiste de um conjunto de símbolos de uma das seguintes categorias: verbos, substantivos, descritivos ou pessoas.

Figura 6 – Utilização de uma prancha



Fonte: Wippel (2015, p. 49).

Os símbolos da prancha possuem imagem e áudio associados, sendo que o áudio é reproduzido quando o usuário pressionar o respectivo símbolo na utilização da prancha. As

pranchas de comunicação são agrupadas em planos de atividades. Essas atividades são elaboradas pelo tutor, permitindo que este estimule a capacidade de comunicação do usuário de acordo com suas dificuldades e características (WIPPEL, 2015, p. 44-49).

A plataforma possui gestão de usuários, com a utilização de perfis (tutor e paciente), permitindo que um especialista prepare atividades e acompanhe o histórico dos pacientes a ele associados. Outro recurso que a plataforma fornece é a possibilidade de adicionar novos símbolos, aumentando a flexibilidade para o especialista trabalhar com um plano adequado para cada paciente. O tutor pode também compartilhar pranchas de comunicação entre os pacientes, sendo que os dados pessoais, como fotos do paciente ou de algum familiar, não são disponibilizados. Além disso, tanto o tutor quanto o paciente podem alterar os seus dados pessoais e utilizar os planos e pranchas de comunicação. O vínculo entre paciente e tutor é feito através de um convite enviado pelo paciente. Somente através desse vínculo é que um tutor pode criar e visualizar as atividades de um paciente (WIPPEL, 2015, p. 42).

No desenvolvimento do aplicativo, Wipfel (2015) definiu os seguintes requisitos principais:

- a) permitir a criação de usuários com o perfil de tutor ou paciente (Requisito Funcional - RF);
- b) permitir o vínculo entre usuários com o perfil de tutor e usuários com o perfil de paciente (RF);
- [...]
- d) permitir a criação e reutilização de pranchas de comunicação (RF);
- e) permitir a interação do usuário com suas pranchas de comunicação (RF);
- f) permitir que o usuário com o perfil de tutor possa criar e visualizar observações referentes a seus pacientes (RF);
- g) permitir que o usuário possa visualizar seu histórico de uso das pranchas de comunicação (RF);
- [...]
- i) permitir uma fácil integração de novas funcionalidades entre as versões Android, iOS e web (RNF); [...] (WIPPEL, 2015, p. 24).

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são descritas as etapas de desenvolvimento do aplicativo. A primeira seção apresenta os principais requisitos. A segunda seção descreve a especificação. A terceira detalha a implementação, seguida da operacionalidade do aplicativo. Por fim, são descritos os resultados.

3.1 REQUISITOS

A seguir estão listados os requisitos do aplicativo, categorizados em Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF). O aplicativo deve:

- a) permitir a utilização de perfis de usuário: paciente e tutor (RF);
- b) permitir o cadastro de palavras em um dicionário, associando até três imagens a cada palavra (RF);
- c) possibilitar a elaboração de planos de atividade a partir de palavras do dicionário, comuns a todos os pacientes (RF);
- d) permitir customizar planos de atividade para cada paciente, com a inclusão de palavras do dicionário e associação de imagens específicas (RF);
- e) possibilitar o acompanhamento da realização de uma atividade por um paciente, permitindo a inclusão de observações (RF);
- f) usar a síntese de voz para pronunciar as palavras dos planos de atividades (RF);
- g) usar o reconhecimento de voz para validar as palavras pronunciadas (RF);
- h) possibilitar a validação manual das palavras pronunciadas através de um navegador (RF);
- i) disponibilizar planos de atividade respeitando o protocolo de fonologia (RNF);
- j) permitir uso em dispositivos com diversas resoluções (RNF);
- k) ser implementado usando HTML5, CSS e TypeScript, facilitando o uso em plataformas como Android, iOS e web (RNF);
- l) usar a API Speech do Google para efetuar síntese e reconhecimento de voz (RNF);
- m) ser implementado utilizando o *framework* Ionic, permitindo a geração das aplicações para outras plataformas através de uma única ferramenta (RNF).

3.2 ESPECIFICAÇÃO

A especificação do aplicativo foi elaborada utilizando diagramas da Unified Modeling Language (UML). Nas próximas seções são apresentadas a prototipação realizada durante a especificação, os diagramas de caso de uso e a arquitetura geral do aplicativo.

3.2.1 Prototipação e validação

Para validar os requisitos inicialmente levantados e testar a usabilidade da aplicação foram realizadas entrevistas e reuniões com especialistas do CEMEA. No dia 23 de fevereiro de 2017 ocorreu a primeira reunião para apresentação do trabalho proposto, entrevista com participantes para conhecer os processos adotados no CEMEA e para coletar sugestões. Essa reunião teve a participação de três fonoaudiólogas com duração de uma hora e meia. Uma das principais sugestões dadas foi a utilização do instrumento AFC proposto por Yavas, Hernadorena e Lamprecht (1991). A partir das sugestões colhidas, foi elaborado um protótipo do aplicativo utilizando a ferramenta Axure RP. Essa ferramenta permite a prototipação da interface e a geração dos fluxos de utilização. Um segundo encontro foi realizado no dia 6 de abril de 2017, que durou aproximadamente quarenta minutos e teve participação das mesmas pessoas que participaram do primeiro encontro. Neste encontro foi apresentado o protótipo para validar os requisitos propostos e obter novas sugestões para melhorar o aplicativo.

O aplicativo foi desenvolvido como um jogo para ser usado como ferramenta auxiliar no processo de aquisição de linguagem por crianças autistas, seguindo o protocolo de fonologia e o processo de aprendizagem adotado pelo CEMEA, bem como os requisitos funcionais definidos por Goulart (2016). Por ser um módulo do Tagarela, deve permitir a criação, a customização e a realização de planos de atividades. Além disso, usa síntese e reconhecimento de voz para facilitar o processo de aprendizagem.

Para criar um plano de atividades, como o plano `Primeiras palavras`, ilustrado Figura 7(b), deve-se selecionar de um dicionário de palavras (Figura 7(a)) aquelas que fazem parte do plano. Tanto a inclusão das palavras no dicionário, quanto a elaboração de um plano de atividades, é feita por um tutor. Ao adicionar uma palavra no dicionário, o tutor deve informar a `Palavra` e associar até três imagens que a representa (Figura 7(c)). Em seguida, o tutor pode associar um plano de atividades já elaborado a um ou a vários pacientes, tendo a opção de customizar as imagens para cada paciente individualmente, por exemplo, incluindo a imagem do carro da família de forma a facilitar a pronúncia da palavra pela criança quando a mesma for realizar a atividade.

Um paciente pode realizar um plano de atividades. Para tanto, deve-se selecionar o plano desejado (Figura 8(a)). As palavras que compõem o plano são apresentadas na ordem definida pelo tutor (Figura 8(b)). Para cada palavra, são apresentadas três imagens: uma em destaque e duas em tamanho menor (Figura 8(b)). É possível alterar a imagem em destaque clicando sobre a imagem desejada. Deve ser possível também ouvir a pronúncia da palavra ou

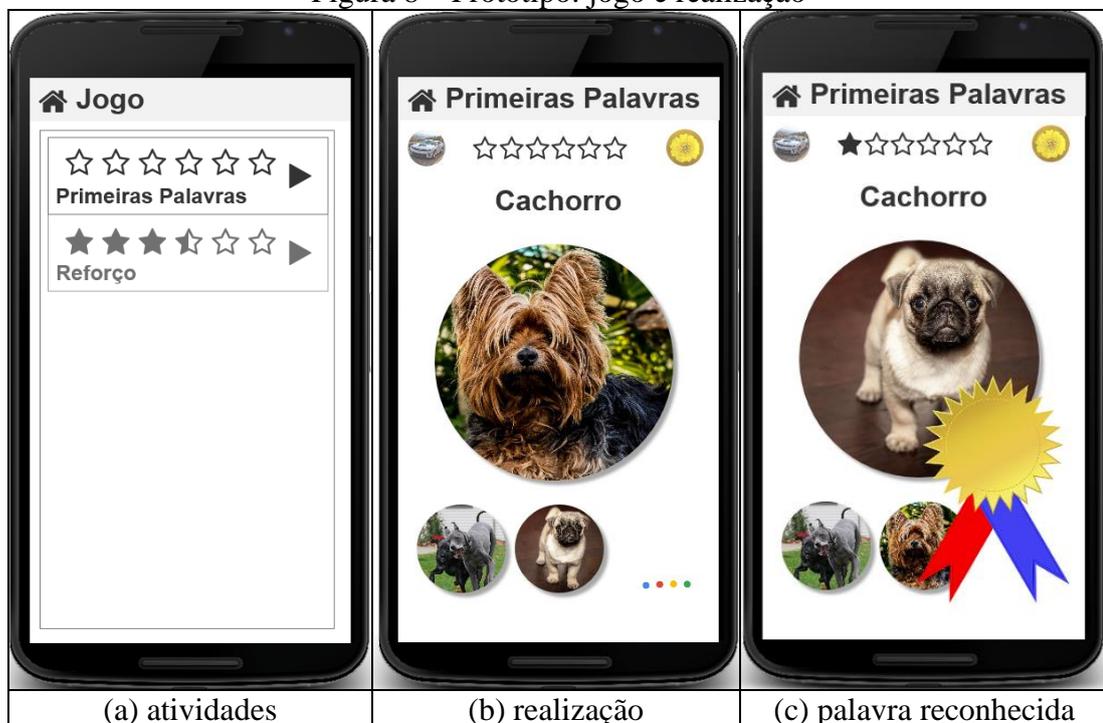
pronunciar a palavra correspondente às imagens, sendo que para cada pronúncia corretamente realizada, é apresentado um indicativo de acerto (Figura 8(c)).

Figura 7 – Protótipo: dicionário, plano e palavras



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 8 – Protótipo: jogo e realização

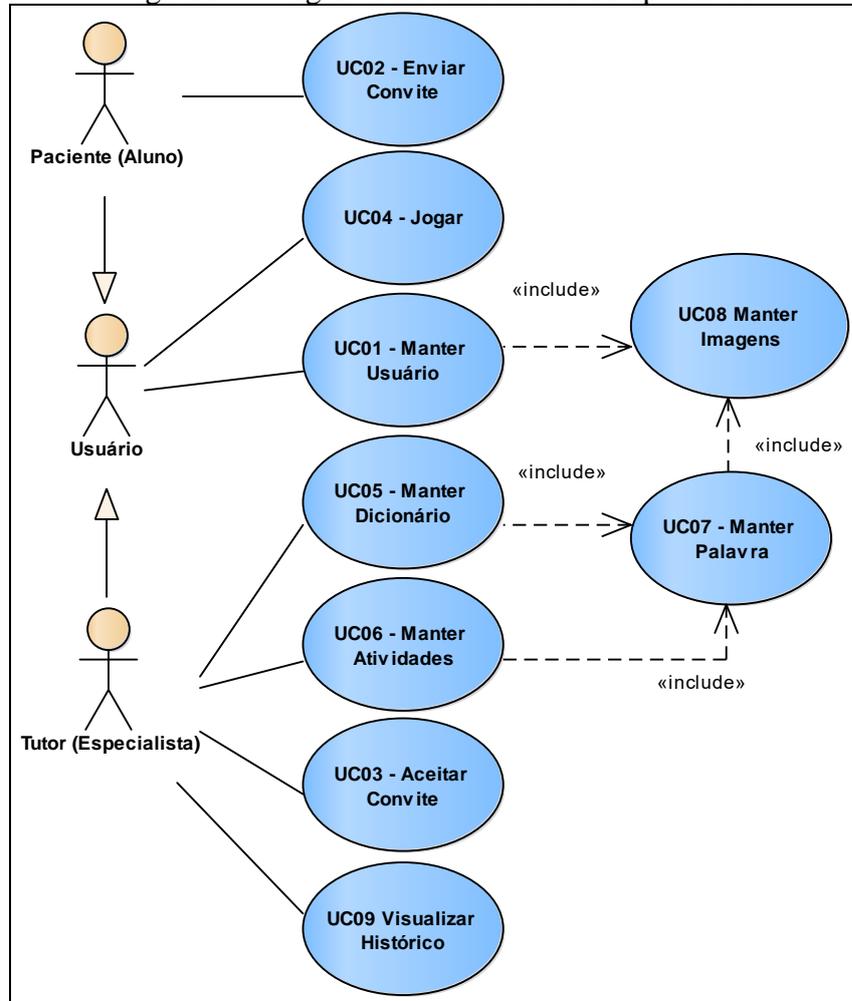


Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.2 Casos de uso

Após a validação do protótipo e levando em conta os requisitos funcionais do Tagarela definidos por Wippel (2015), foram definidos os casos de uso. A Figura 9 apresenta o diagrama de casos de uso das funcionalidades disponibilizadas pelo aplicativo.

Figura 9 – Diagrama de caso de uso do aplicativo



Fonte: elaborado pelo autor.

Na aplicação existe dois tipos de usuários, o tutor e o paciente. O tutor é o responsável pela manutenção do dicionário de palavras, pela manutenção das atividades, podendo visualizar o histórico de atividades realizadas por um paciente, e pelo aceite dos convites enviados pelos pacientes. As palavras disponíveis para o uso nas atividades devem ser cadastradas inicialmente no dicionário de palavras. Cada palavra pode possuir até três imagens associadas. Uma palavra do dicionário pode ser utilizada na elaboração de qualquer plano de atividades. Ao adicionar uma palavra a uma atividade, as personalizações feitas, como por exemplo, troca de uma das imagens associadas, só serão válidas para a respectiva atividade ou paciente. Já o paciente é responsável por enviar o convite para um tutor,

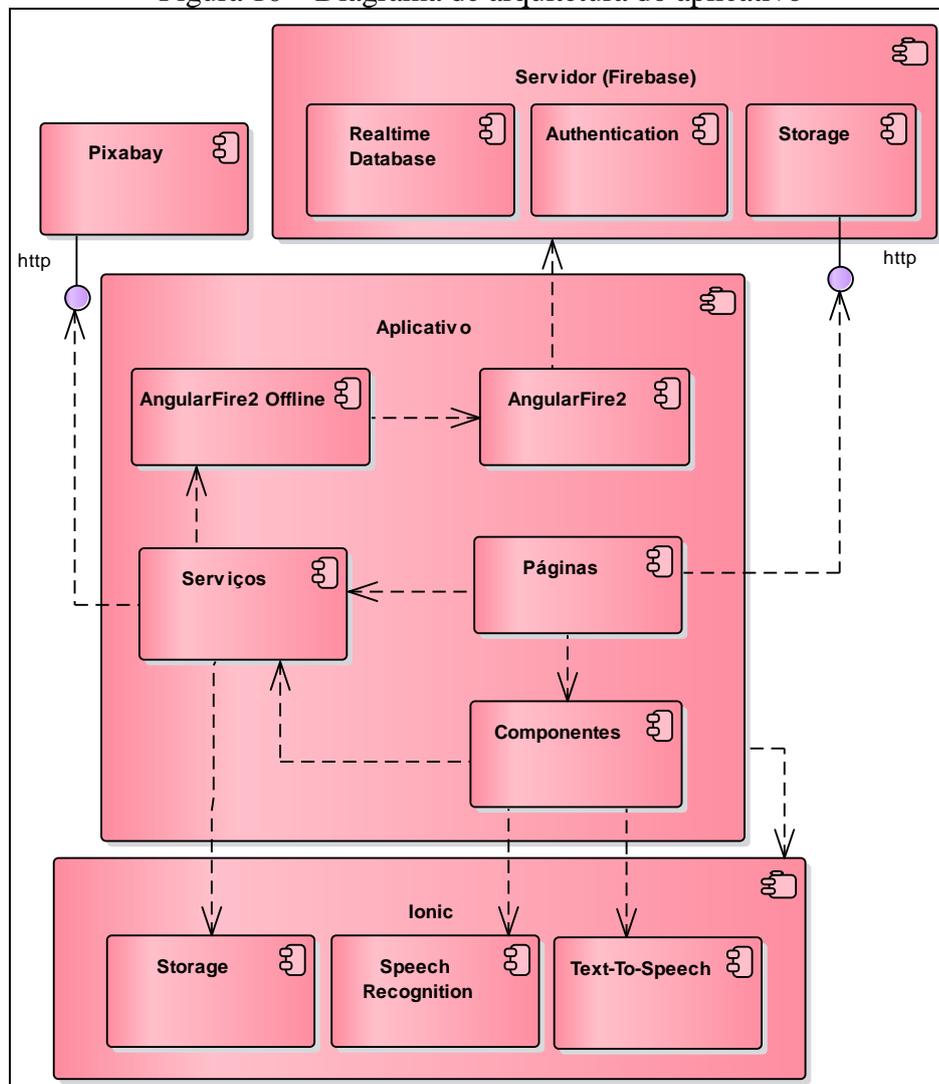
sendo que cabe ao tutor definir as atividades que estarão disponíveis para cada um de seus pacientes.

Ambos os usuários podem manter as informações da sua conta, onde se permite: (a) acessar as opções de envio ou aceite de convite; (b) remover alguma relação tutor-paciente; (c) alterar a imagem de perfil e os dados de cadastro do usuário. Também podem acessar o jogo para realizar alguma atividade. O detalhamento de cada caso de uso está disponível no Apêndice A.

3.2.3 Arquitetura do aplicativo

A Figura 10 apresenta a arquitetura do aplicativo, organizado em pacotes e composto por um servidor e por um aplicativo móvel.

Figura 10 – Diagrama de arquitetura do aplicativo



Fonte: elaborado pelo autor.

Como servidor foi utilizado o Firebase, possuindo banco de dados on-line e produtos para armazenamento e autenticação, através dos quais é possível abstrair da arquitetura o sincronismo dos dados entre o servidor e o aplicativo móvel. O aplicativo possui uma dependência forte e geral com o *framework* Ionic, que faz com que todos os componentes utilizem os recursos fornecidos pelo mesmo. Os componentes foram organizados em pacotes, sendo eles: Páginas, Serviços e Componentes. O pacote Páginas é responsável pela interface com o usuário. Um pacote não mostrado no diagrama é o Utilitários, que possui os recursos que são compartilhados entre todos os pacotes, como é o caso do modelo de dados utilizado para comunicação entre os serviços e a apresentação dos dados.

O pacote Componentes agrupa os componentes que foram desenvolvidos para serem usados por múltiplas páginas, assim como aqueles que fazem uso de algum *plugin* específico da plataforma na qual o aplicativo está rodando. É o caso do componente que faz a transcrição de um texto escrito em um texto falado, utilizando o *plugin* Text-To-Speech. Atualmente esse *plugin* não está disponível para uso no navegador. Então, caso alguma página utilize diretamente o *plugin* de uma plataforma, a mesma não poderá ser reutilizada em outras plataformas. Para contornar essa questão, qualquer *plugin* ou recurso específico é implementado como um componente, que, em determinada plataforma, pode ser usado ou não, reaproveitando assim o código da página sem a necessidade de duplicá-lo para uma outra plataforma. O *plugin* de armazenamento não foi desenvolvido no pacote Componentes, pois está disponível para todas as plataformas.

O pacote Serviços é responsável por fornecer e manter os dados que são utilizados na aplicação. Além disso, nesse pacote é feita: (a) a comunicação com o Firebase através das bibliotecas AngularFire2 e AngularFire2 Offline; (b) o armazenamento dos arquivos binários (imagens e áudio) através do *storage* do Ionic localmente para uso off-line do aplicativo e remotamente no servidor para uso on-line do aplicativo; (c) a pesquisa de imagens para as palavras incluídas no dicionário ou customizadas nos planos de atividades através de uma API fornecida pelo Pixabay, um banco de imagens e vídeos gratuitos, sem restrições de direitos autorais.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO

A seguir são mostradas as técnicas e ferramentas utilizadas, a implementação das principais funções do aplicativo e a operacionalidade da implementação.

3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

A aplicação foi implementada utilizando o *framework* Ionic versão 3.3.0, que por sua vez faz uso do Angular na versão 4.1.3, que é um *framework* para desenvolvimento web. O código fonte foi elaborado usando a linguagem TypeScript na versão 2.3.4, linguagem desenvolvida pela Microsoft, que consiste em um super conjunto de JavaScript.

Também foi utilizada a plataforma para desenvolvimento Firebase, que fornece um conjunto de APIs e produtos voltados ao desenvolvimento de aplicativos (web, Android, iOS, C++, Unity). Foram usados três produtos da plataforma: (a) o banco de dados on-line, não relacional, baseado em documentos, que permite a utilização do banco sem se preocupar com a sincronização dos dados entre os dispositivos e o servidor; (b) o *storage*, ideal para armazenar arquivos de imagens e áudio; (c) o *authentication*, que fornece diversos métodos de autenticação de modo seguro e gerenciável.

Foram usados ainda o navegador Google Chrome e os smartphones Xiaomi Redmi 2 Pro e Asus Zenfone 3 Max. Ambos possuem 2GB de RAM, 16GB de armazenamento interno e resolução de 720x1280 pixel. As diferenças entre o Redmi 2 Pro e Zenfone 3 Max são (respectivamente): densidade de pixel (312 ppi e 282 ppi), tamanho (4.7 polegadas e 5.2 polegadas), processador (1.2GHz e 1.3GHz), versão do Android (5.1.1 e 6.0).

3.3.2 Persistência dos dados

Com a utilização do Firebase, a camada de persistência dos dados foi abstraída, sendo que toda a replicação dos dados entre os dispositivos e o servidor ocorre de forma automática. Para usar o Firebase, foi necessário utilizar a biblioteca AngularFire2, que funciona somente para o banco de dados on-line. Para poder executar o aplicativo no dispositivo móvel no modo off-line, foi utilizada outra biblioteca que estende a oficial, o AngularFire2 Offline, e permite o uso integral do banco de dados no modo off-line. Mesmo com a utilização desta extensão, as imagens e os áudios não possuíam o recurso para persistência off-line. Nessa condição, foi implementada uma camada que armazena localmente nos dispositivos os arquivos de imagens e áudios.

O Quadro 2 apresenta como foi implementado o armazenamento das imagens e áudios nos dispositivos móveis. Ao salvar uma atividade que está sendo realizada, se o dispositivo estiver off-line (linha 91), as informações são armazenadas localmente (linhas 93, 96 a 115). Para tanto, as atividades são armazenadas em uma lista de realizações (linha 110), preservando as informações necessárias para a persistência dos dados quando o dispositivo voltar a ficar on-line.

Quadro 2 – Salvar realização off-line

```

89 salvar(usuario: Usuario, atividade: Atividade, realizacao: Realizacao){
90     this.cachePalavrasRealizadas(atividade);
91     return this.online
92         ? this.salvarOnline(usuario, atividade, realizacao)
93         : this.salvarOffline(usuario, atividade, realizacao);
94 }
95
96 salvarOffline
97     (usuario: Usuario, atividade: Atividade, realizacao: Realizacao){
98     return new Promise((resolve, reject) => {
99         this.storage.get("realizacoesoffline").then((valor) =>{
100             let realizacaoOffline = Object.create(null);
101             if (valor){
102                 realizacaoOffline = JSON.parse(valor);
103             }
104             let atividadeRealizacoes = realizacaoOffline[(atividade as any).$key];
105             if (!atividadeRealizacoes){
106                 atividadeRealizacoes = new AtividadeRealizacoes().set
107                     (usuario, atividade);
108                 realizacaoOffline[(atividade as any).$key] = atividadeRealizacoes;
109             }
110             atividadeRealizacoes.realizacoes.push(realizacao);
111             this.storage.set("realizacoesoffline",
112                 JSON.stringify(realizacaoOffline));
113         });
114     });
115 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

No Quadro 3 é mostrado o método chamado quando o dispositivo volta a ficar on-line. Consiste em buscar se existe alguma realização guardada localmente (linha 62), disparando assim o método para salvar os históricos de realizações que foram gerados enquanto o dispositivo estava off-line. É feita uma iteração sobre cada elemento de `realizacaoAtividades` (linhas 65 a 67) e chamado o método passando os dados armazenados nesse objeto.

Quadro 3 – Sincronizar realizações

```

60 sincronizaRealizacoes(){
61     this.storage.get("realizacoesoffline").then((valor) =>{
62         if (valor){
63             let realizacaoAtividades = JSON.parse(valor);
64             this.storage.remove("realizacoesoffline").then(() => {
65                 for (var key in realizacaoAtividades) {
66                     this.salvarHistorico(realizacaoAtividades[key]);
67                 }
68             });
69         }
70     });
71 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 4 apresenta o método que salva as realizações quando o dispositivo estiver on-line e quando ocorrer a sincronização das realizações. Inicialmente é atualizado o banco de dados com a realização (linha 188). Em seguida, é verificado se existe algum áudio (linha 190), para, em caso positivo, ser feito o envio do áudio para o servidor (linha 192), receber o

caminho para o arquivo armazenado no servidor e atualizar os dados (linha 195 e 196), garantindo que não existam inconsistências no banco de dados.

Quadro 4 – Salvar realização on-line

```

176 salvarRealizacao(caminhoHistorico, realizacao: Realizacao){
177   return new Promise((resolve, reject) =>{
178     let valores ={
179       "gravacao": (realizacao.gravacao ? realizacao.gravacao : ''),
180       "sucesso": realizacao.sucesso,
181       "observacao": (realizacao.observacao ? realizacao.observacao : ''),
182       "palavra": realizacao.palavra,
183       "reconhecidas":(realizacao.reconhecidas ? realizacao.reconhecidas : []),
184       "data": (realizacao.data ? realizacao.data : new Date())
185     };
186     let chaveRealizacao = String(new Date().getTime());
187     let realizacoesDB = this.fireDB.list(`${caminhoHistorico}/realizacoes`);
188     realizacoesDB.update(chaveRealizacao, valores).then(result =>
189       resolve()).catch(error => reject(error));
190     if (realizacao.gravacaoCache && !realizacao.gravacao){
191       let audioKey = `${caminhoHistorico}/${chaveRealizacao}.3gp`;
192       this.enviarAudio
193         (audioKey, this.base64ToArrayBuffer(realizacao.gravacaoCache))
194         .then((snapshot: any) =>{
195           realizacao.gravacao = snapshot.downloadURL;
196           realizacoesDB.update(chaveRealizacao, {"gravacao": realizacao.gravacao
197             });
198         });
199     }
200   });

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às imagens associadas às palavras, essas também são armazenadas localmente no dispositivo. Para tanto, é realizada a carga inicial das imagens que possam ser apresentadas para um paciente. Essas precisam estar disponíveis quando o dispositivo não tiver conexão ou quando a conexão estiver muito instável, permitido que seja efetuada uma realização off-line. Assim, quando uma atividade é realizada por um paciente, para apresentar as imagens associadas à palavra, verifica-se se estão armazenadas localmente e, em caso positivo, as mesmas são carregadas. Caso contrário, é apresentada uma ampulheta, representando que a imagem está sendo carregada do servidor. As imagens carregadas do servidor são salvas no dispositivo.

Já para o tutor, não é efetuada a carga inicial das imagens, pois esse possui acesso ao dicionário e às atividades de diversos pacientes, ou seja, a muitas imagens. Soma-se a isso o fato de que o tutor mantém o dicionário, elabora as atividades e atualiza o histórico dos pacientes. Dessa forma, foi convencionado que o perfil do usuário tutor fará uso da aplicação sempre de forma on-line.

3.3.3 Reconhecimento de voz

O *plugin* de reconhecimento de voz do Ionic não suporta armazenar o áudio que foi reconhecido. Para poder guardá-lo, foi necessário adaptar o código do *plugin* cordova-

plugin-speechrecognition. As linhas do Quadro 5 foram adicionadas no método `startListening` da classe `SpeechRecognition`. Esses parâmetros irão fazer com que a API de reconhecimento do Google retorne o áudio reconhecido, o qual poderá ser armazenado para posterior avaliação pelo tutor da pronúncia realizada pela criança. Como os dados são trafegados via JSON entre o *plugin* e a aplicação, é necessário converter o áudio para uma `String` usando o método `encodeToString` do *plugin*.

Quadro 5 – Parâmetros para armazenar o áudio reconhecido

175	<code>intent.putExtra("android.speech.extra.GET_AUDIO_FORMAT", "audio/AMR");</code>
176	<code>intent.putExtra("android.speech.extra.GET_AUDIO", true);</code>

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.4 Progresso de atividade

Para indicar o progresso de uma atividade, foi desenvolvido um componente que atualiza proporcionalmente a quantidade de estrelas de acordo com a quantidade de palavras realizadas. Para utilizar o componente desenvolvido, basta utilizar o elemento `atividade-progresso`, conforme exemplo do arquivo `jogo.html` visto no Quadro 6.

Quadro 6 – Indicativo de progresso de atividade

20	<code><!-- Progresso --></code>
21	<code><ion-col col=8></code>
22	<code><atividade-progresso</code>
23	<code>[atividade]='atividade' quantidadeEstrelas="6" tamanhoFonte="40px"></code>
24	<code></atividade-progresso></code>
25	<code></ion-col></code>

Fonte: elaborado pelo autor.

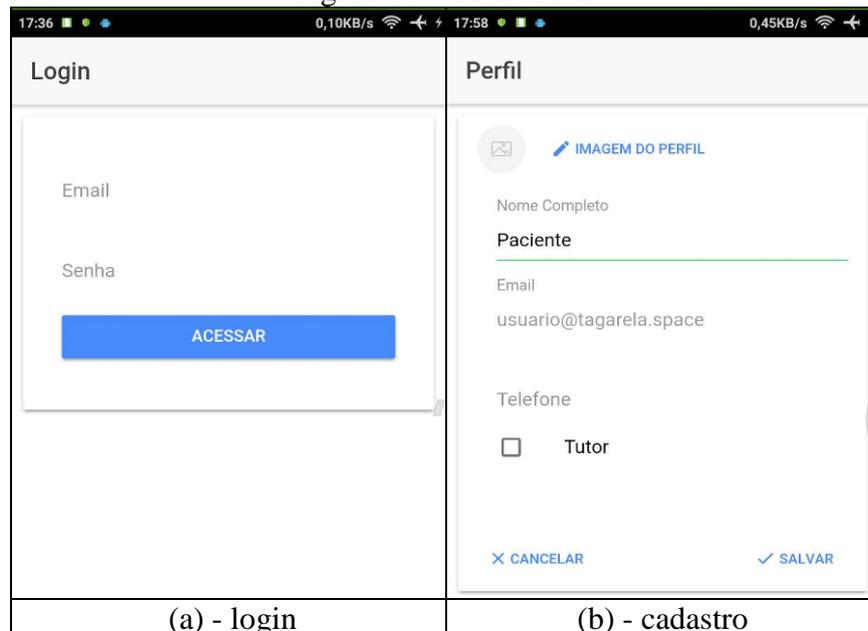
Cada estrela pode ser apresentada de três formas: cheia, pela metade ou vazia. O preenchimento das estrelas é proporcional à quantidade de palavras que foram realizadas na atividade. Para efetuar o preenchimento, foi implementado um método que leva em consideração quantidade de palavras da atividade e a quantidade de palavras realizadas, determinando assim a forma que as estrelas devem assumir.

3.3.5 Operacionalidade da implementação

Nesta seção são apresentadas as funcionalidades e operacionalidade do aplicativo desenvolvido. Como foi dito anteriormente, existem dois tipos de usuários: o tutor e o paciente. Sendo assim, tem-se funcionalidades para cada um desses usuários, descritas na sequência. Ao iniciar o aplicativo, é necessário que o usuário informe e-mail e senha (Figura 11(a)), tanto para um usuário que já existe quanto para um usuário novo, tanto para um tutor quanto para um paciente. Ao clicar no botão `ACESSAR`, o aplicativo irá verificar se é o primeiro acesso. Em caso positivo, será apresentada a tela de cadastro (Figura 11(b)) para que sejam fornecidas as informações do novo usuário: imagem do perfil (opcional), nome

completo, telefone (opcional) e o tipo do usuário - paciente ou tutor. Observa-se que, no cadastro do usuário (Figura 11(b)), é possível marcar se o usuário é um tutor somente enquanto não houver nenhum relacionamento tutor-paciente estabelecido, ou seja, enquanto um usuário não for paciente de nenhum tutor. Caso não seja marcada a opção `Tutor`, o usuário será considerado paciente.

Figura 11 – Tela inicial



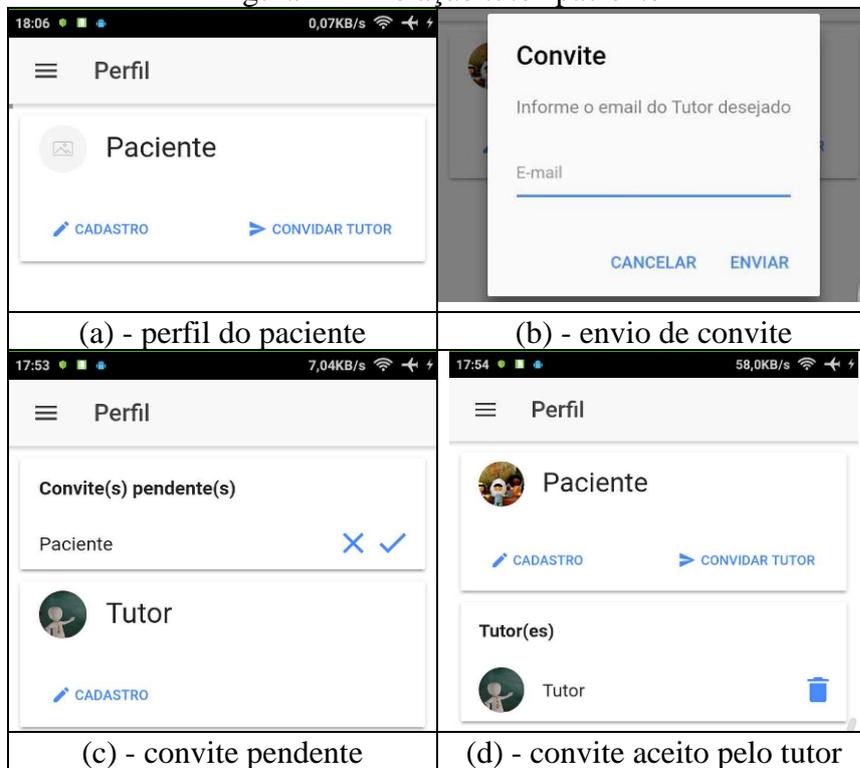
Fonte: elaborado pelo autor.

Já para estabelecer a relação tutor-paciente, o paciente precisa enviar um convite para o tutor. Essa opção está disponível a partir do perfil do usuário, visto na Figura 12(a). Ao clicar em `CONVIDAR TUTOR`, é aberta uma janela para que o paciente informe o e-mail do tutor desejado (Figura 12(b)). Após feito o convite, no perfil do usuário que foi convidado, irá aparecer um convite pendente para análise, conforme apresentado na Figura 12(c). Caso o tutor aceite o convite, será criado um relacionamento entre o tutor e o respectivo paciente. Na Figura 12(d) é possível verificar esse relacionamento no perfil do paciente após o aceite do tutor.

O tutor tem acesso a todos os recursos do aplicativo (Figura 13), enquanto o paciente possui acesso apenas ao jogo. No dicionário de palavras ficam todas as palavras disponíveis para a elaboração das atividades (Figura 14(a)). As palavras do dicionário estão disponíveis para todos os usuários assim como suas respectivas imagens. Mesmo que um tutor apague uma palavra ou altere uma imagem associada a uma palavra do dicionário, as palavras que já foram associadas a um plano de atividades não serão afetadas. O tutor pode editar uma palavra do dicionário ou uma palavra adicionada a um plano. Cada palavra pode conter até três imagens associadas (Figura 14(b)). A imagem maior é a principal e será usada para

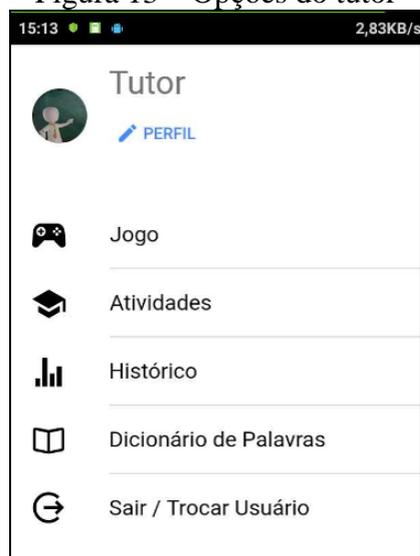
representar a palavra no aplicativo. As duas menores serão apresentadas na edição da palavra ou na realização de um plano de atividades. É possível alterar a imagem principal clicando sobre as imagens menores.

Figura 12 – Relação tutor-paciente



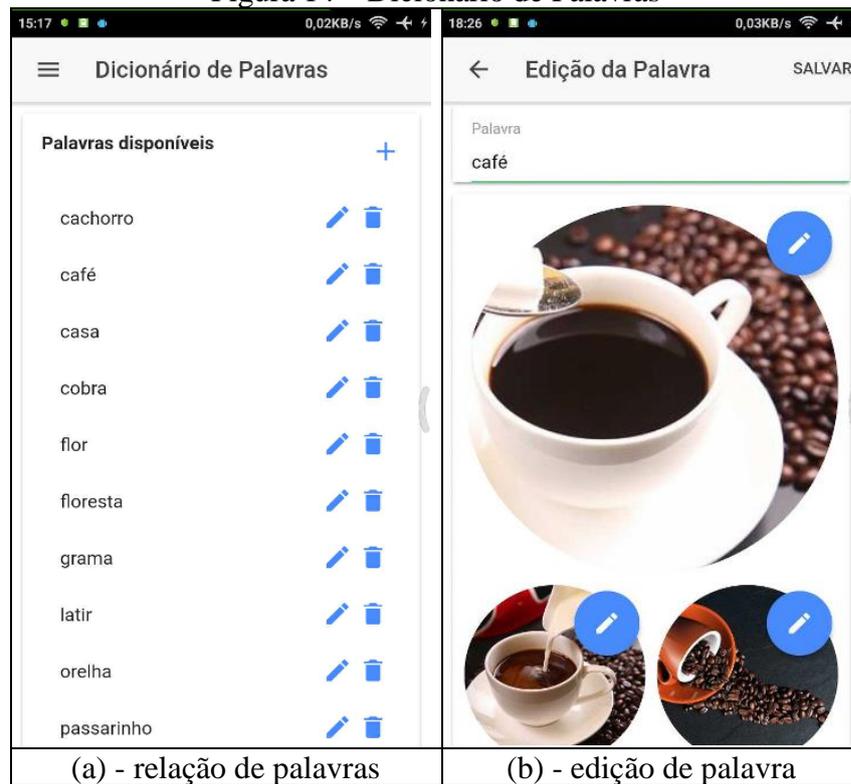
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 13 – Opções do tutor



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14 – Dicionário de Palavras



Fonte: elaborado pelo autor.

Através da opção *Atividades*, o tutor pode manter as atividades que estão associadas: ao perfil *Todos os Usuários*, ao perfil de cada um dos seus pacientes e as suas próprias, selecionando o “usuário” desejado. Existem duas formas de criar atividades: pode ser uma atividade nova sem palavras previamente definidas (opção *Nova* da Figura 15(a)) ou pode ser através da cópia de uma atividade já existente (opção *Copiar* da Figura 15(a)). Para a cópia são listadas somente as atividades comuns a todos os pacientes (atividades do perfil *Todos os Usuários*), sem customizações, e as do próprio tutor (Figura 15(b)). Feita a escolha da atividade que será copiada, o aplicativo permite que o tutor escolha quais palavras ele deseja que sejam copiadas (Figura 15(c)) e efetue as devidas customizações. Todas as alterações efetuadas em uma atividade serão consideradas somente para o usuário selecionado, permitindo, dessa forma, que sejam utilizadas informações pessoais sem que estas sejam compartilhadas. Somente será compartilhada a alteração realizada no perfil *Todos os Usuários*.

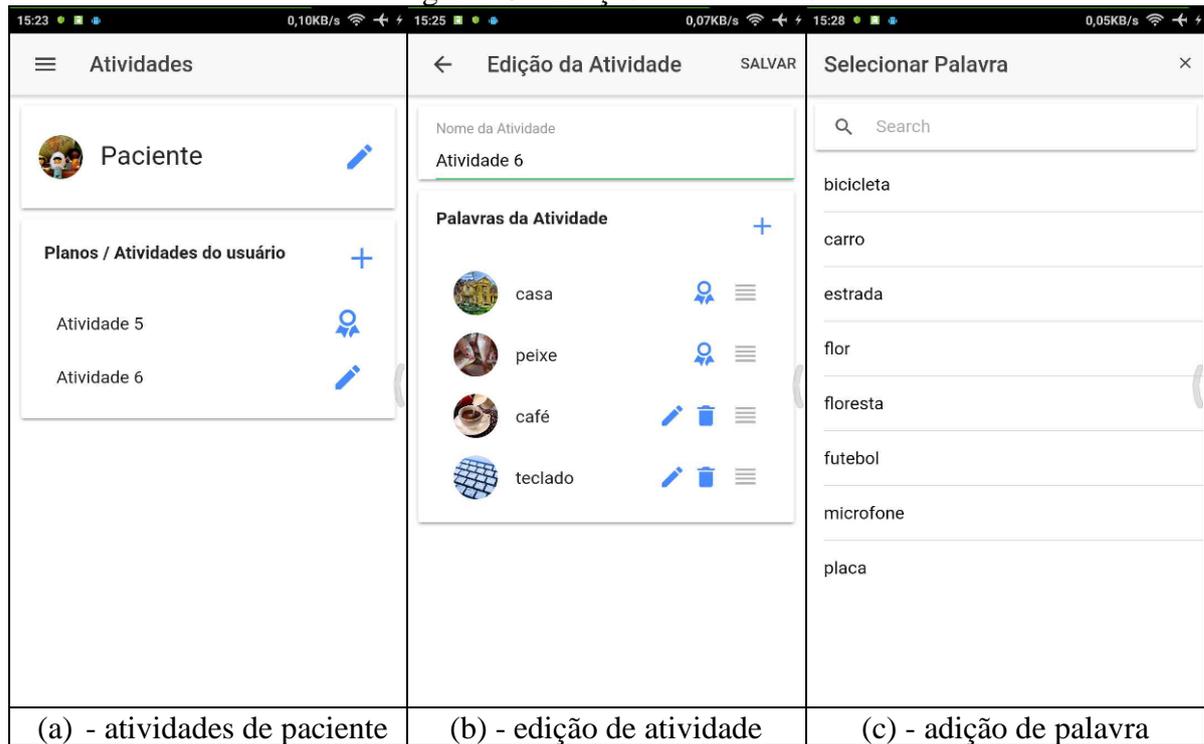
Figura 15 – Inclusão de atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

As atividades e palavras que já foram realizadas possuem uma medalha indicativa (Atividade 5 da Figura 16(a) e palavra *casa* da Figura 16(b)). Caso o paciente já tenha iniciado uma atividade ou realizado uma palavra, essa não poderá mais ser excluída (Atividade 5 e palavra *casa*). Assim como só será possível editar uma atividade enquanto a mesma possuir palavras pendentes, ou editar uma palavra enquanto a mesma ainda não tiver sido realizada (Atividade 6 da Figura 16(a) e palavra *café* da Figura 16(b)). Alterações nas palavras e nas imagens associadas serão válidas e visíveis somente na respectiva atividade. Isso permite que o tutor customize a atividade, adicionando imagens próprias ou do paciente para uma melhor iteração no processo de aquisição da linguagem, tendo a segurança de que as mesmas não serão compartilhadas com outros usuários. Ao ser selecionada uma atividade, são listadas as palavras associadas, conforme pode ser visto na Figura 16(b). Para adicionar palavras a uma atividade, deve-se pressionar o botão com o mais (Figura 16(b)) e selecionar, da relação das palavras disponíveis do dicionário, a palavra desejada (Figura 16(c)). O aplicativo permite ainda que o tutor altere a ordem em que as palavras serão apresentadas no jogo, sendo essa ordem a mesma da apresentação na edição da atividade. As palavras já realizadas não são afetadas pela nova ordenação, visto que não estarão mais visíveis para o usuário ao realizar a atividade.

Figura 16 – Edição de atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

Através da opção *Jogo*, o paciente pode executar as atividades associadas a ele. Inicialmente são listadas todas as suas atividades, sendo que para cada atividade é apresentado um indicativo proporcional à quantidade de palavras que já foram reconhecidas ou realizadas (Figura 17).

Figura 17 – Jogo: escolha de atividade

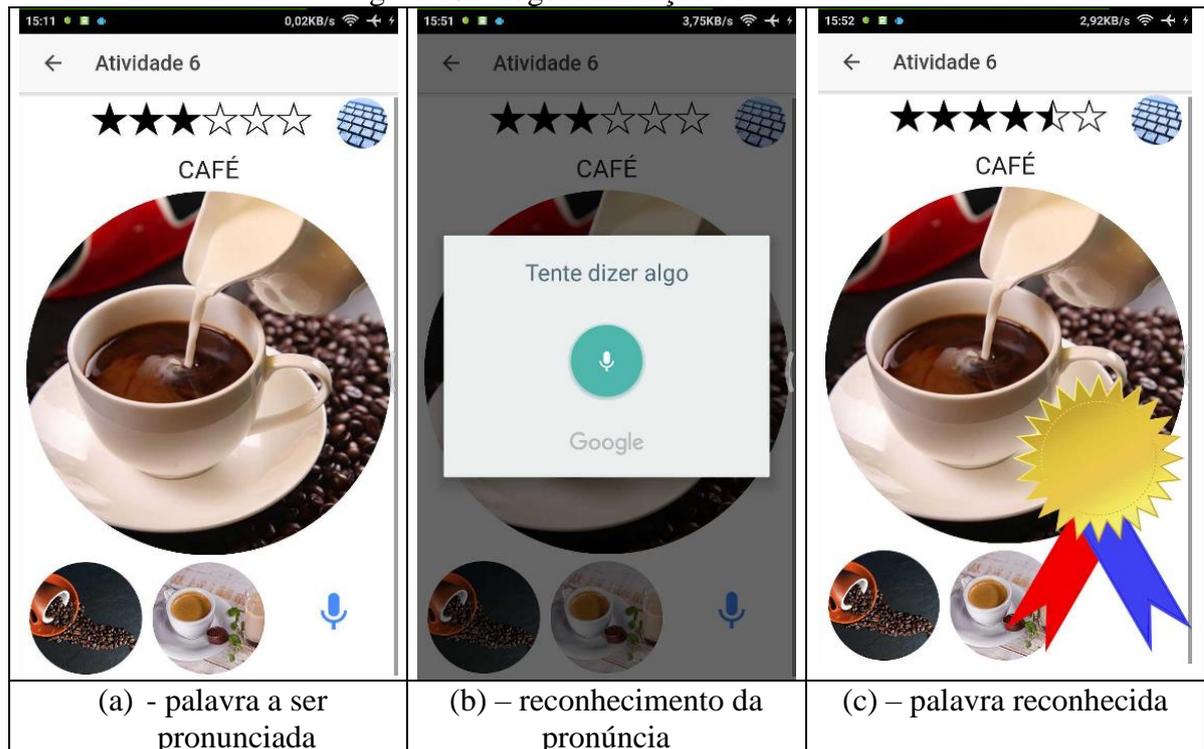


Fonte: elaborado pelo autor.

Ao escolher uma atividade, são apresentadas sequencialmente as palavras que ainda não foram realizadas, conforme mostrado na Figura 18(a), onde a palavra *café* é a palavra atual a ser pronunciada e a próxima palavra da atividade é apresentada através da sua imagem principal no canto superior direito, no caso *teclado*. É possível pronunciar a palavra atual ou pular para a próxima palavra, clicando na imagem correspondente. Para auxiliar na realização de uma atividade, as palavras podem ser pronunciadas (sintetizadas) pelo aplicativo. Uma palavra será pronunciada pelo aplicativo quando for apresentada pela primeira vez ou quando

o paciente clicar sobre a imagem principal ou sobre a própria palavra. Ao clicar sobre uma imagem menor, a mesma torna-se a imagem principal para melhor visualização. O processo de reconhecimento é iniciado após ser pressionado o botão com o microfone, conforme apresentado na Figura 18(b). Se o aplicativo reconhecer a palavra pronunciada, um indicativo visual é apresentado (Figura 18(c)) e, após alguns segundos, a próxima palavra da atividade é apresentada.

Figura 18 – Jogo: realização de atividade



Fonte: elaborado pelo autor.

Através da opção **Histórico**, o tutor pode acompanhar as atividades realizadas por seus pacientes (Figura 19). Ao clicar sobre uma atividade, são apresentadas todas as realizações feitas pelo paciente. Para cada realização são apresentadas: a palavra esperada em caixa alta, a palavra reconhecida pelo aplicativo em caixa baixa, a data/hora que a atividade foi realizada, um indicativo (medalha) se o aplicativo reconheceu a palavra pronunciada e, por fim, o áudio da pronúncia feita pelo paciente, permitindo que o tutor valide a realização feita ou inclua observações. O indicativo de observações em uma realização é apresentado no canto superior direito da realização através do ícone de dois balões de diálogo. Se estiver preenchido (em azul), é porque existe uma observação na realização. Ao clicar sobre o balão, será aberta uma janela para visualizar ou editar as observações feitas.

Figura 19 – Histórico de atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são abordados os resultados do trabalho. Inicialmente é apresentado como foi feita a elaboração e validação da usabilidade da aplicação. Depois têm-se os resultados obtidos nos testes e a coleta de dados. Por fim, é feita uma comparação com os trabalhos correlatos.

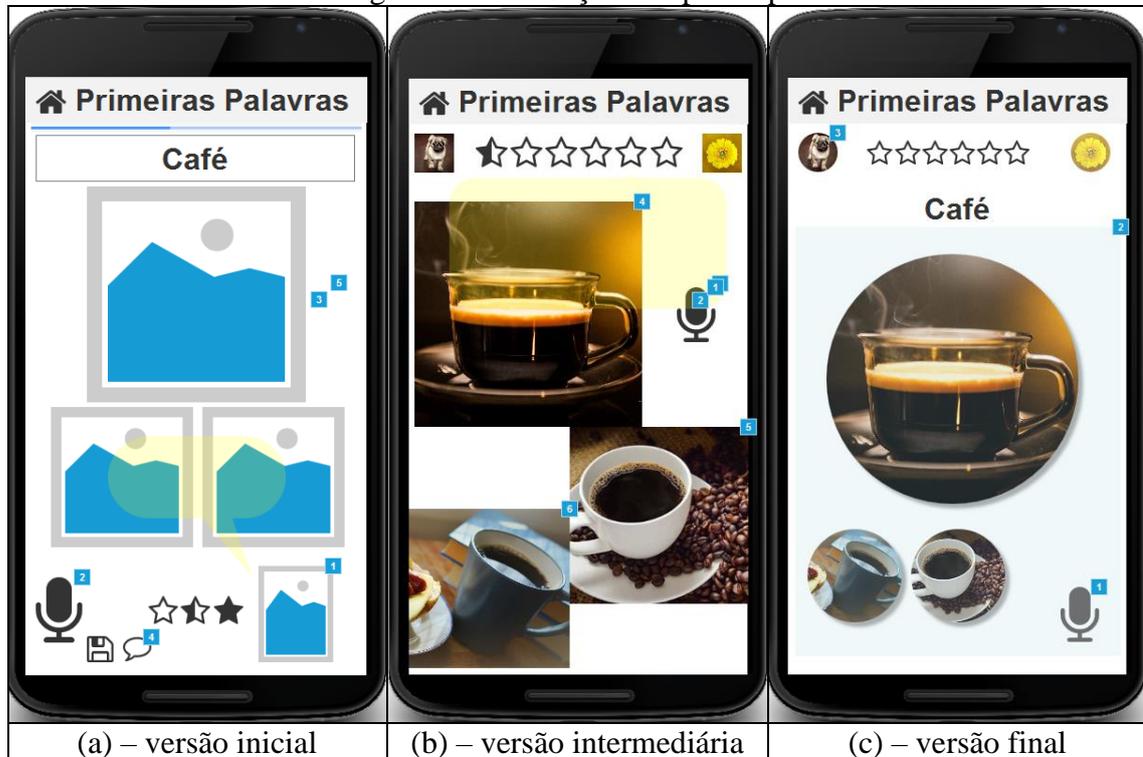
3.4.1 Interface e usabilidade

Um dos desafios iniciais no desenvolvimento foi disponibilizar um aplicativo que pudesse ser executado em um smartphone. Por conta disso, optou-se por dar foco na versão para smartphone sem perder os benefícios dos dispositivos maiores, principalmente, na questão da apresentação das imagens.

Para garantir que essa vantagem dos tablets estivesse presente, inicialmente foi desenvolvida a interface e a navegação do aplicativo utilizando uma ferramenta de prototipação. Foram criadas também todas as interações que o usuário poderia realizar. Dessa forma, foi possível antecipar vários problemas na interface. É possível observar a evolução da interface, onde: na Figura 20(a), por exemplo, eram apresentadas quatro imagens para cada palavra, o progresso na realização de uma atividade não ficava claro (estrelas) e existia a obrigatoriedade de clicar no ícone com disquete para salvar o reconhecimento de uma palavra; na Figura 20(b), a localização do microfone não estava adequada e a apresentação das

imagens não era boa. A partir dessas e de outras observações, tem-se a interface da última versão (Figura 20(c)), já descrita em detalhes na seção anterior.

Figura 20 – Evolução dos protótipos



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4.2 Apresentação do aplicativo no CEMEA

Foi realizada uma apresentação do aplicativo no CEMEA para uma fonoaudióloga que também participou das reuniões iniciais para especificação do aplicativo e validação do protótipo. Após a apresentação foi aplicado o questionário de avaliação disponível no Apêndice B.

A usabilidade, tanto do ponto de vista do tutor quanto do paciente, a especialista considerou ser ótima. Mas, quanto à utilização do aplicativo como ferramenta de apoio ao desenvolvimento e tratamento fonológico, indicou estar atendendo parcialmente. Para atender de forma mais ampla, o aplicativo deveria permitir categorizar uma palavra de acordo com os desvios fonéticos possíveis para que o tutor pudesse indicar nas realizações quais processos que ocorreram. Isso permitirá, por exemplo, através de um relatório, descobrir os reforços necessários para os quais é preciso dar mais foco. Ou seja, o próprio aplicativo já poderia sugerir novas palavras que possuíssem determinado processo possível dentre os processos que a criança está com dificuldades em realizar.

Dos aspectos positivos, foi destacada a possibilidade de personalizar as palavras e imagens em uma atividade, assim como a gravação da palavra pronunciada para posterior

avaliação pelo tutor. A especialista sugeriu que fosse criada uma categoria ou atividade padrão com um conjunto de imagens (ou vídeos) representando emoções e pessoas, como, por exemplo, membros da família da criança/paciente, que é outra questão importante para ser trabalhada com crianças autistas. Outra funcionalidade proposta inclui a possibilidade de associar palavras alternativas para uma determinada “palavra”. Isso porque, na questão do desenvolvimento da linguagem, a criança pode utilizar palavras alternativas a determinada palavra. Por exemplo, na categoria de pessoas, a criança pode ver a foto do seu pai e dizer tanto a palavra pai, quando o nome ou até mesmo um apelido. Dependendo do caso, seria interessante reconhecer como um acerto, principalmente caso se esteja desenvolvendo a linguagem.

3.4.3 Comparativo entre o trabalho desenvolvido e os trabalhos correlatos

O Quadro 7 apresenta a comparação entre os trabalhos correlatos e o trabalho desenvolvido.

Quadro 7 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

trabalhos características	Goulart (2016)	Speech Therapy (GOOGLE PLAY, 2015)	jogo para crianças com autismo (CUNHA, 2011b)	Academia da Articulação (FERNANDES et al. 2016)	trabalho desenvolvido
reconhecimento de voz	X	X			X
síntese de voz	X	X	X	X	X
uso de imagens	X	X	X	X	X
idioma	português	inglês	português	português	português
plataforma(s)	Android	Android, iOS	Web	iOS	Android, iOS, web
uso de <i>gamification</i>	X	X	X		X
público alvo (crianças)	autistas	distúrbios da fala	autistas	geral	autistas
perfis de usuários					X
possibilidade de efetuar customizações					X

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da comparação estabelecida no Quadro 7, pode-se notar que todos os trabalhos apresentados fazem o uso de imagens e de síntese de voz. O Speech Therapy, o aplicativo desenvolvido por Goulart (20016) e o desenvolvido nesse trabalho fazem uso de reconhecimento de voz, sendo que este reconhecimento apenas indica se a pronúncia de

determinada palavra está correta. Todos os trabalhos, exceto o de Goulart (2016), permitem que os acertos também sejam definidos manualmente. No caso do aplicativo desenvolvido, a realização manual está prevista somente na plataforma web (através de um navegador).

Observa-se que Speech Therapy, o jogo desenvolvido por Cunha (2011b), o aplicativo de Goulart (2016) e o desenvolvido nesse trabalho fazem o uso de *gamification* ao criar estímulos e recompensas nos acertos, aumentando assim o engajamento e continuidade no uso da aplicação.

Quanto ao público alvo, avalia-se que o aplicativo Academia da Articulação seja voltado para crianças sem distúrbios de aprendizagem. Assim, supõe-se que crianças com alguma dificuldade podem não aproveitar todas as funcionalidades da aplicação. Já os aplicativos voltados para crianças com dificuldades de aprendizagem (distúrbios da fala, autismo) possuem características simples, como um ambiente controlado e seguro, incentivos, interfaces com poucas opções e com enfoque visual, que trouxeram bons resultados, até mesmo em casos mais severos de autismo como foi relatado por Cunha (2011b).

Por fim, a principal diferença entre o trabalho desenvolvido e os correlatos apresentados no comparativo, é a capacidade de adicionar palavras, criar planos e personalizar atividades.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um aplicativo que permite auxiliar o desenvolvimento e aquisição de linguagem para crianças autistas. Visto que a criança com autismo possui características próprias, a capacidade de personalização e individualização das atividades é um recurso fundamental no processo de desenvolvimento. Através de um teste de usabilidade e operacionalidade do aplicativo, realizado com uma fonoaudióloga do CEMEA, foi possível identificar alguns pontos positivos. Dentre os pontos positivos, destacam-se: (a) a possibilidade de personalizar e de utilizar imagens pessoais nas palavras de uma atividade, como uma foto de um membro ou objeto da família da criança; (b) a possibilidade de registrar e ouvir o áudio pronunciado pela criança; (c) a possibilidade de compartilhar e reutilizar os planos.

Durante o desenvolvimento, foram observados alguns pontos positivos na utilização da biblioteca para síntese e reconhecimento de voz do Google, que se mostrou bastante eficiente na sua última versão. Dependendo do nível de ruído no ambiente, a palavra pronunciada é reconhecida sem problemas. Caso o reconhecimento seja on-line, foi identificado que seria possível realizar o reconhecimento da palavra em uma frase e até mesmo a frequência de determinado fonema, possibilitando a identificação dos fonemas que não foram falados e suas posições na palavra. Um aspecto que pode ser melhorado é a qualidade e o formato do áudio armazenado, visto que a biblioteca fornece somente o áudio comprimido no formato Adaptive Multi-Rate (AMR), que necessita de um *player* específico, não disponível na plataforma web através de um navegador.

Outra ferramenta que foi utilizada e influenciou bastante no desenvolvimento da aplicação foi o Firebase como camada de persistência, que permitiu eliminar a necessidade de criar uma camada para realizar o sincronismo dos dados entre os diversos dispositivos e o servidor da aplicação. Contudo, foi utilizada uma versão da ferramenta que não possui suporte para uso off-line dos arquivos de áudio e imagem. Isso fez com que fosse necessário adicionar uma camada de cache para permitir o uso off-line do aplicativo pelo paciente.

Não foi possível concluir a implementação para permitir que o aplicativo funcionasse como um módulo integrado à plataforma do Tagarela. Por questões de tempo, optou-se por desenvolver a usabilidade do aplicativo de forma mais atrativa e ampla em função da proposta de poder ser usado no desenvolvimento e aquisição de fala por crianças autistas. Para permitir a integração proposta é necessário criar uma interface no Tagarela para manter os dados sincronizados entre a plataforma e o aplicativo. Para facilitar essa integração, o

relacionamento paciente-tutor foi respeitado, permitindo o compartilhamento de informações básicas do cadastro de usuários, das atividades e das palavras do dicionário. Com essa integração, o aplicativo ganharia os recursos presentes na plataforma do Tagarela e permitiria principalmente que o usuário pudesse explorar outras aplicações presentes na plataforma. Ao Tagarela, essa integração permitiria que outras aplicações utilizassem os recursos implementados no aplicativo.

Tendo-se os fatos acima descritos, é possível concluir que o trabalho atendeu o objetivo de fornecer um aplicativo para o desenvolvimento e aquisição de fala por crianças autistas. Em relação ao protocolo de fonologia, ficam ainda algumas sugestões de extensão para que seja possível usá-lo completamente e facilitar o processo de avaliação pelos tutores.

4.1 EXTENSÕES

Sugere-se as seguintes extensões para trabalhos futuros:

- a) classificar os processos fonológicos possíveis na realização de uma palavra;
- b) emitir relatórios com indicadores dos processos fonológicos e dos fonemas que precisam receber maior reforço;
- c) utilizar uma categoria para emoções;
- d) utilizar uma categoria para pessoas e familiares;
- e) associar palavras alternativas a uma palavra, como sugerido pela fonoaudióloga;
- f) permitir que o tutor cadastre um áudio para uma palavra, com uma narrativa ou dica para que a criança pronuncie a palavra;
- g) utilizar uma imagem contendo múltiplas palavras para permitir o uso de narrativas no processo de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- COSTA, Ericson S. et al. Um sintetizador de voz baseado em HMMs livre: dando novas vozes para aplicações livres no português do Brasil. In: WORKSHOP DE SOFTWARE LIVRE, 13., 2012, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Software Livre.Org., 2012. Não paginado. Disponível em: <<http://wsl.softwarelivre.org/2012/0011/38.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- CUNHA, Rafael M. Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GAMES E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 10., 2011, Salvador. **Proceedings...** Salvador: SBC, 2011a. Não paginado. Disponível em: <<http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames/gamesforchange.html>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- CUNHA, Rafael M. **Desenvolvimento e avaliação de um jogo de computador para ensino de vocabulário para crianças com autismo**. 2011b. 111 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=0912865_2011_Indice.html>. Acesso em: 20 set. 2016.
- FABENI, Alan F. C. **Tagarela**: aplicativo para comunicação alternativa no iOS. 2012. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- FERNANDES, Barbara et al. **Academia da articulação**. [S.l.], [2016?]. Disponível em: <<http://www.ipadfono.com/academia-da-articulacao/>>. Acesso em: 18 set. 2016.
- GOOGLE DEVELOPERS. **Cloud speech API**: speech to text conversion powered by machine learning. [S.l.], [2016?]. Disponível em: <<https://cloud.google.com/speech/>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- GOOGLE PLAY. **Articulation Speech Therapy**. [S.l.], 2015. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_coolbhavana1.articulation_worksheets&hl=en>. Acesso em: 17 set. 2016.
- GOULART, Gielez F. **Aplicativo para auxiliar crianças autistas no desenvolvimento e aquisição de linguagem**. 2016. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- MARCO, Darlan D. de. **Tagarela**: aplicativo de comunicação alternativa na plataforma Android. 2014. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- MCLELLAN, Charles. **How we learned to talk to computers, and how they learned to answer back**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://www.zdnet.com/article/how-we-learned-to-talk-to-computers-and-how-they-learned-to-answer-back/>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- NOTBOHM, Ellen. **Dez coisas que toda criança com autismo gostaria que você soubesse**. [S.l.], 2005. Disponível em: <<http://www.ellennotbohm.com/article-translations/dez-coisas-que-toda-crianca-com-autismo-gostaria-que-voce-soubesse/>>. Acesso em: 11 set. 2016

OLIVEIRA, Rafael et al. Recursos para desenvolvimento de aplicativos com suporte a reconhecimento de voz para desktop e sistemas embarcados. In: WORKSHOP DE SOFTWARE LIVRE, 12., 2011, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Software Livre.Org, 2011. Não paginado. Disponível em: <http://wsl.softwarelivre.org/2011/0016/85180_1.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.

REIS, Dalton S. et al. **Tagarela**: rede de comunicação alternativa. Blumenau, 2014. Disponível em: <http://gcg.inf.furb.br/?page_id=992>. Acesso em: 07 set. 2016.

SALEH, Naíma. **A tecnologia está afetando as relações familiares dentro da sua casa?** [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://revistacrescer.globo.com/Familia/Rotina/noticia/2014/12/tecnologia-esta-afetando-relacoes-familiares-dentro-da-sua-casa.html>>. Acesso em: 11 set. 2016.

SETOR DE FONOAUDIOLOGIA. Orientações do CEMEA. Blumenau: CEMEA 2016. 4 f. Documento não publicado.

SIMÕES, Jorge et al. Proposta de modelo de referência para aplicação de gamification em ambientes de aprendizagem social. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TIC NA EDUCAÇÃO, 8., 2013, Braga. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], 2013. p. 1117-1128. Disponível em: <http://www.academia.edu/4519625/Proposta_de_Modelo_de_Referência_para_Aplicação_d_e_Gamification_em_Ambientes_de_Aprendizagem_Social>. Acesso em: 07 set. 2016.

VIVEIROS, Maria A. J. **Desenvolvimento lingüístico no autismo**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.crda.com.br/tccd/doc/41.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2016.

WIPPEL, André F. **Tagarela**: integração e melhorias no aplicativo de rede de comunicação alternativa. 2015. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

YAVAS, M.; HERNADORENA, C. L.; LAMPRECHT, R. R. **Avaliação fonológica da criança**: reeducação e terapia. Artes Médicas: Porto Alegre, 1991.

APÊNDICE A – Detalhamento dos casos de uso da aplicação

Este apêndice apresenta o detalhamento dos casos de uso da aplicação desenvolvida (Quadro 8 a Quadro 16).

Quadro 8 – UC01: Manter usuário

Descrição	Descreve o fluxo de identificação e manutenção das contas de usuários.
Atores	Paciente e Tutor
Fluxo principal	1. O usuário informa um e-mail e senha e clica no botão ACESSAR . 2. O sistema disponibiliza acesso às funcionalidades e ao perfil do usuário.
Fluxo alternativo 1	No passo 1 do fluxo principal, caso a conta de e-mail não exista cadastrada no sistema: 1. O usuário deverá efetuar o cadastro, descrito pelo fluxo alternativo 3.
Fluxo alternativo 2	No passo 2 do fluxo principal, no perfil do usuário, o mesmo seleciona a opção CADASTRO ou, no passo 1 do fluxo alternativo 1: 1. O usuário informa nome completo, telefone e se é tutor. 2. O usuário associa opcionalmente uma imagem ao perfil a partir do UC08. 3. O usuário clica no botão SALVAR .
Fluxo exceção 1	No passo 1 do fluxo principal, caso a conta de e-mail exista e a senha não seja válida: 1. O sistema apresentará a mensagem “Usuário e/ou senha incorretos!”.
Pós-condição	Usuário com acesso às funcionalidades do aplicativo de acordo com seu perfil. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 9 – UC02: Enviar convite

Descrição	Permite que o usuário envie um convite para outro usuário ser seu tutor.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Paciente
Fluxo principal	1. O sistema apresenta, no perfil do usuário, a opção de envio de convite. 2. O usuário clica no botão CONVIDAR TUTOR . 3. O sistema solicita que o usuário informe o e-mail do tutor desejado. 4. O usuário informa o e-mail desejado e clica no botão ENVIAR . 5. O sistema registra o convite na base de dados.
Pós-condição	Convite pendente no perfil do tutor desejado. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 10 – UC03: Aceitar convite

Descrição	Permite que o usuário aceita o convite de outro usuário para ser seu paciente.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Tutor
Fluxo principal	1. O sistema apresenta, no perfil do usuário, os convites pendentes com as opções para aceitar ou recusar. 2. O usuário aceita um convite. 3. O sistema cria uma relação entre tutor e o paciente. 4. O sistema permite o acesso às atividades do paciente.
Fluxo alternativo 1	No passo 2 do fluxo principal, caso usuário rejeite um convite: 1. O sistema remove o convite do perfil do usuário.
Pós-condição	Relação paciente-tutor estabelecida. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 11 – UC04: Jogar

Descrição	Permite que o usuário realize uma atividade.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Paciente e Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica na opção para acessar o jogo. 2. O sistema lista as atividades do usuário, indicando o progresso de cada atividade. 3. O usuário escolhe uma atividade. 4. O sistema mostra uma palavra que ainda não foi realizada, apresentando as imagens associadas e sintetizando a palavra. 5. O usuário clica no botão com o microfone e fala a palavra apresentada. 6. O sistema efetua o reconhecimento da fala, registra a pronúncia realizada, apresenta uma medalha e atualiza o progresso da atividade. 7. O sistema aguarda alguns segundos e volta ao passo 4.
Fluxo alternativo 1	<p>Após o passo 6 do fluxo principal, caso não existam mais palavras não realizadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema volta ao passo 3 do fluxo principal.
Pós-condição	<p>Atividades e histórico atualizados. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 12 – UC05: Manter dicionário

Descrição	Permite que o usuário insira, altere, consulte e remova as palavras que podem ser usadas nas atividades.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica na opção para acessar o dicionário de palavras. 2. O sistema apresenta as palavras já cadastradas. 3. O sistema permite que o usuário adicione uma nova palavra, consulte, altere ou remova uma palavra listada.
Fluxo alternativo 1	<p>No passo 3 do fluxo principal, caso o usuário escolha a opção para adicionar, consultar ou alterar uma palavra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário efetua a operação desejada a partir do UC07.
Fluxo alternativo 2	<p>No passo 3 do fluxo principal, caso o usuário escolha opção para remover uma palavra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema remove a palavra do dicionário.
Pós-condição	<p>Dicionário de palavras atualizado. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 13 – UC06: Manter atividades

Descrição	Permite que o usuário insira, altere, consulte e remova atividades, associando-as aos seus pacientes.
Pré-condição	Usuário logado. Palavras já cadastradas no dicionário de palavras.
Atores	Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica na opção para acessar as atividades do perfil Todos os Usuários, isto é, atividades que podem ser compartilhadas com vários pacientes do tutor. 2. O sistema lista as atividades do perfil selecionado. 3. O sistema permite que o usuário adicione uma nova atividade, copie uma atividade existente, consulte, altere ou remova uma atividade listada. 4. O usuário pode selecionar um paciente para acessar as atividades do seu perfil. 5. O sistema retorna ao passo 2.
Fluxo alternativo 1	<p>No passo 3 do fluxo principal, caso o usuário escolha a opção para adicionar ou alterar uma atividade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema permite que o usuário adicione uma nova palavra na atividade. 2. O usuário escolhe opção para adicionar palavra. 3. O sistema lista as palavras que estão disponíveis no dicionário. 4. O usuário seleciona a palavra desejada. 5. O sistema permite que o usuário edite uma palavra a partir do UC07. 6. O sistema adiciona a palavra selecionada na atividade.
Fluxo alternativo 2	<p>No passo 3 do fluxo principal, caso o usuário escolha copiar uma atividade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema lista as atividades existentes para cópia. 2. O usuário seleciona uma atividade. 3. O sistema lista as palavras da atividade. 4. O sistema seleciona as palavras que o usuário ainda não tenha realizado na atividade selecionada. 5. O usuário seleciona as palavras desejadas. 6. O sistema cria a nova atividade considerando as palavras selecionadas pelo usuário. 7. O sistema inicia o fluxo alternativo 1.
Fluxo alternativo 3	<p>No passo 3 do fluxo principal, caso o usuário escolha remover uma atividade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema remove a atividade selecionada da lista das atividades.
Fluxo alternativo 4	<p>No passo 3 do fluxo alternativo 1, caso o usuário escolha mover uma palavra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário arrasta a palavra para outra posição na atividade. 2. O sistema atualiza a posição da palavra na atividade.
Fluxo alternativo 5	<p>No passo 3 do fluxo alternativo 1, caso o usuário escolha remover uma palavra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema remove a palavra selecionada da atividade.
Fluxo alternativo 6	<p>No passo 3 do fluxo alternativo 1, caso o usuário escolha alterar uma palavra:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário efetua a operação desejada a partir do UC07.
Pós-condição	<p>Atividades atualizadas. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 14 – UC07: Manter palavra

Descrição	Permite que o usuário edite uma palavra.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta a palavra em caixa baixa. 2. O usuário pode alterar a palavra apresentada. 3. O sistema apresenta as três imagens que estão associadas a palavra. 4. O sistema permite que o usuário edite as imagens a partir do UC08. 5. O sistema permite que o usuário selecione uma imagem principal. 6. O usuário clica no botão <i>salvar</i>.
Pós-condição	Palavra, imagens e imagem principal atualizadas. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 15 – UC08: Manter imagens

Descrição	Permite que o usuário pesquise, envie ou ajuste uma imagem.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Paciente e Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta as opções para pesquisar, enviar ou ajustar uma imagem. 2. O usuário escolhe a opção para ajustar uma imagem. 3. O sistema apresenta a imagem. 4. O usuário edita a imagem e clica no botão <i>salvar</i>.
Fluxo alternativo 1	<p>No passo 2 do fluxo principal, o usuário escolhe a opção para pesquisar uma imagem:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário informa o termo para pesquisa. 2. O sistema lista as imagens correspondentes ao termo. 3. O usuário clica sobre uma imagem desejada. 4. O sistema retorna ao passo 3 do fluxo principal, utilizando a imagem selecionada.
Fluxo alternativo 2	<p>No passo 2 do fluxo principal, o usuário escolhe opção para enviar uma imagem:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário seleciona uma imagem armazenada no dispositivo. 2. O sistema retorna ao passo 3 do fluxo principal, utilizando a imagem selecionada.
Pós-condição	Imagens atualizadas. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 16 – UC09: Visualizar histórico

Descrição	Permite que usuário consulte os históricos das realizações.
Pré-condição	Usuário logado.
Atores	Tutor
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica na opção para acessar os históricos de atividades do seu perfil ou de um de seus pacientes. 2. O sistema permite que o usuário selecione um paciente. 3. O usuário seleciona o paciente desejado. 4. O sistema apresenta a lista de atividades que possuem alguma realização. 5. O usuário escolhe uma atividade. 6. O sistema lista as realizações da atividade escolhida, apresentando o detalhamento da realização.
Fluxo alternativo 1	<p>No passo 6 do fluxo principal, o usuário escolhe a opção para acessar as observações da realização:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta as observações da realização. 2. O sistema permite que o usuário altere as observações. 3. O usuário clica no botão <code>salvar</code>.
Pós-condição	<p>Observações das realizações atualizadas. Dados sincronizados entre servidor e dispositivos.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – Questionário de Avaliação

No Quadro 17 encontra-se o questionário usado na avaliação do aplicativo pela fonoaudióloga do CEMEA.

Quadro 17 – Questionário de avaliação

	<p>FURB – Universidade Regional de Blumenau Curso de Ciência da Computação – Bacharelado Projeto Tagarela – gcg.inf.furb.br/tagarela TCC – Tagarela: Módulo de desenvolvimento e aquisição de linguagem para crianças autistas</p>
<h3>Questionário de Avaliação</h3>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Nome: 2. Como você avalia a usabilidade na visão do Tutor? <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Ótima 3. Como você avalia a usabilidade na visão do Paciente? <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Ótima 4. Como uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento/tratamento fonológico, a aplicação atende as suas necessidades? <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Sim 5. Com base nas respostas anteriores, quais foram os principais “pontos positivos” encontrados durante o uso do aplicativo? 6. Com base nas respostas anteriores, quais foram os principais “pontos negativos” encontrados durante o uso do aplicativo? 7. Com base nas respostas anteriores, quais seriam as suas “sugestões” para melhorar o aplicativo? 	

Fonte: elaborado pelo autor.