UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso

DIADOKINESIS: PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA O TESTE DE DIADOCOCINESIA ORAL NA ELA

John Victor Alves Luiz

Natal/RN
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

DIADOKINESIS: PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA O TESTE DE DIADOCOCINESIA ORAL NA ELA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Biomédica.

Graduando: John Victor Alves Luiz

Orientador: Prof. Dr. Ernano Arrais Júnior

Coorientadora: Dra. Daniele Montenegro da Silva Barros

Natal/RN

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

DIADOKINESIS: PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA O TESTE DE DIADOCOCINESIA ORAL NA ELA

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof. Dr. Ernano Arrais Júnior _____
Orientador

Dra. Daniele Montenegro da Silva Barros _____
Coorientadora – LAIS/UFRN

Prof. Dr. Hertz Wilton de Castro Lins _____
Avaliador Externo - UFRN

Natal/RN

2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e amigos, os quais foram meu apoio e incentivo para continuar no caminho até aqui. E aos meus queridos avós, Dada (*in memoriam*) e Glória (*in memoriam*), que foram exemplos para mim em várias esferas da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por preparar sempre o melhor para mim. Embora tenha planejado boa parte da trajetória até aqui, as oportunidades que surgiram foram graças ao nosso protetor.

Ao meu pai, Jairo, minha mãe, Jeane, meu irmão, Samuel, por sempre estarem presentes nos momentos mais difíceis. Principalmente, minha querida mãe que nunca duvidou de mim e sempre foi a primeira a apoiar minhas escolhas.

Ao meu orientador, Ernano e a co-orientadora, Daniele, pelas oportunidades que permitiram alcançar o desempenho profissional demonstrado até aqui. Agradeço, também, pelas orientações que precisaram ser bem claras em um momento tão difícil que estamos situados.

Aos meus professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica desde o curso de Ciências e Tecnologia até ao fim na Engenharia Biomédica, pela dedicação na passada do bastão do conhecimento e da experiência.

E, por fim, não poderia deixar de agradecer aos meus amigos que estiveram presentes nos bastidores, os momentos compartilhados foram de fundamental importância para passar pelas dificuldades e para o processo de amadurecimento, crescimento e formação acadêmica, tornando assim, a pessoa que sou hoje.

EPÍGRAFE

Respeitar o processo é fundamental para entender o seu caminho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS viii
LISTA DE TABELAS ix
LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS x
RESUMO xi
ABSTRACT xii
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA 1
1.2. MOTIVAÇÃO 2
1.3. OBJETIVOS 2
1.4. CONTRIBUIÇÕES 3
1.5. METODOLOGIA 3
1.6. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 3
2. REFERENCIAL TEÓRICO 4
2.1. TESTE DE DIADOCOCINESIA ORAL 4
2.2. RESUMO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5
3. ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA 6
3.1. CLASSIFICAÇÃO 6
3.2. MONITORAMENTO 7
4. MÉTODO PROPOSTO 8
4.1. MODELAGEM DO SISTEMA 8
4.2. *SOFTWARES* UTILIZADOS 12
4.2.1. PLANTUML 12
4.2.2. FIGMA 13
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 13
5.1. INTERFACE GRÁFICA DO SISTEMA 13
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 20
6.1. TRABALHOS FUTUROS 20
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de blocos da modelagem…….08

Figura 2. Diagrama de casos de uso…..……..11

Figura 3. Diagrama de classes……..…...11

Figura 4. Diagrama de atividade da realização do protocolo…….12

Figura 5. Diadokinesis……...…….13

Figura 6. Tela de autenticação no sistema……..…….14

Figura 7. Tela de registro no sistema……..14

Figura 8. Tela inicial do sistema.……15

Figura 9. Tela de listagem dos protocolos……..…….16

Figura 10. Tela de buscar pacientes...……..…...16

Figura 11. Tela de resultado da busca dos pacientes……..……..……..17

Figura 12. Tela de cadastro de um novo paciente……..……..…...17

Figura 13. Tela de realização do protocolo……..……..18

Figura 14. Tela de detalhes do paciente…..……..……...19

Figura 15. Tela de listagem dos protocolos de um paciente……..19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da revisão bibliográfica.……....6

Tabela 2. Requisitos Funcionais – Descrição...……..……...9

Tabela 3. Requisitos Funcionais – Detalhamento……...…….....9

Tabela 4. Requisitos Não Funcionais – Descrição ……...…….....9

Tabela 5. Identificação e descrição dos atores……...……10

Tabela 6. Regras de Negócio – Descrição.……..…….....10

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ELA - Esclerose Lateral Amiotrófica

MSP - *Motor Speech Profile*

UML - *UnifiedModelingLanguage*

HUOL - Hospital Universitário Onofre Lopes

CPF - Cadastro de Pessoa Física

CNS - Cartão Nacional de Saúde

CRFa - Cadastro Regional de Fonoaudiologia

LUIZ, John Victor Alves. **Diadokinesis: Proposta de um sistema para o teste de diadococinesia oral na ELA**. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 34p., 2022.

RESUMO

A Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) é uma doença com característica neurodegenerativa, a qual afeta o sistema nervoso, apresentando perda motora e, em alguns casos, cognitiva. A disfunção neuromotora presente em pacientes com ELA afeta diretamente sua saúde e qualidade de vida, pois podem resultar em dificuldades significativas de fala, entre outras limitações. A avaliação da articulação da fala dos pacientes pode ser efetuada através de um teste de diadococinesia oral, sendo uma ferramenta simples e comum. Todavia, as medições de forma manual requerem uma experiência muito grande por parte do profissional envolvido no atendimento. Além disso, existe a necessidade de um sistema capaz de integrar a coleta, análise e monitoramento dos dados desses pacientes. Diante desse contexto, será apresentada a proposta de um sistema para realização de protocolos do teste de diadococinesia oral aplicados a pacientes com ELA, objetivando o auxílio no monitoramento das avaliações do nível de disartria. O método proposto tem como base a *Unified Modeling Language*, utilizando os diagramas de atividade, de classe, de casos de uso, os requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio para modelar a solução. Por fim, foi utilizada a ferramenta Figma para desenvolvimento do protótipo de média fidelidade das telas referentes às funcionalidades do sistema.

Palavras-chave: Teste de diadococinesia oral; Fonoaudiologia; Esclerose Lateral Amiotrófica; Disartria.

LUIZ, John Victor Alves. **Diadokinesis: Proposta de um sistema para o teste de diadococinesia oral na ELA**. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 34p., 2022.

ABSTRACT

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) is a disease with a neurodegenerative characteristic, which affects the nervous system, presenting motor and, in some cases, cognitiveloss. The neuromotor dysfunction present in ALS patients directly affects their health and quality of life, as they can result in significant speech difficulties, among other limitations. The evaluation of the speech articulation of patients can be performed through an oral diadochokinesis test, being a simple and common tool. However, manual measurements require a great deal of experience on the part of the professional involved in care. Furthermore, there is a need for a system capable of integrating the collection, analysis and monitoring of data from these patients. Given this context, a proposal will be presented for a system to performe oral diadochokinesis test protocols applied to patients with ALS, aiming to help in monitoring the assessments of the level of dysarthria. The proposed method is based on the Unified Modeling Language, using activity diagrams, class diagrams, use case diagrams, functional and non-functional requirements and business rules to model the solution. Finally, the Figma tool was used to develop the screens' medium-fidelity prototype referring to the system's functionalities.

Keywords: Oral diadochokinesistest; speech therapy; Amyotrophic Lateral Sclerosis; Dysarthria.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita uma abordagem geral acerca do trabalho proposto ao apresentar a sua relevância, motivação, objetivos, metodologia e como o trabalho está organizado.

1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA

Uma das principais doenças neurodegenerativas, a Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), está ao lado das doenças de Parkinson e Alzheimer, tendo a taxa de incidência dessa patologia de, em média, 1/50.0000 por ano, e a prevalência de, aproximadamente, 1/20.000. Em relação às características geográficas, essas métricas são relativamente uniformes nos países ocidentais, apesar de serem mais frequentes no Pacífico Ocidental. Além disso, o sexo masculino apresenta preponderância em relação ao feminino, com a razão entre casos de homens e mulheres sendo de 1,5:1 (BRASIL, 2020).

Essa doença, caracterizada como neurodegenerativa, afeta o sistema nervoso e possui sintomas como perda motora e, em alguns casos, cognitiva. Ademais, os pacientes apresentam perda acentuada da musculatura bulbar, gerando disartria, disfonia e disfagia progressiva, limitando a independência dessas pessoas ao se ter a diminuição gradual da capacidade e do controle motor da fala (ALBUQUERQUE, 2017). Com isso, são realizados testes de diadococinesia oral em indivíduos com ELA em diversas pesquisas e práticas clínicas. Esse tipo de exame verifica a habilidade em repetir rapidamente segmentos de fala. Assim, por meio desse teste, os fonoaudiólogos realizam o acompanhamento da evolução dos quadros clínicos relacionados à fala desses pacientes de forma periódica (BRASIL, 2020).

As medições resultantes dos protocolos de diadococinesia oral podem ser feitas de forma manual. No entanto, a análise com auxílio de algum *software* oferece uma segurança maior, pois além de quantificar o número de sequências produzidas, possibilita também obter desvio padrão, o coeficiente de variação, o índice de variação entre os ciclos de repetição e valores de pico de intensidade (WERTZNER, 2013).

1.2. MOTIVAÇÃO

A disfunção neuromotora afeta diretamente sua saúde e qualidade de vida dos pacientes com Esclerose Lateral Amiotrófica, pois pode resultar em dificuldades significativas de fala e deglutição. Dessa forma, para acompanhar a evolução dessas limitações, a realização das medições do teste de diadococinesia de forma manual requer uma experiência notável por parte do profissional envolvido no atendimento do paciente (WERTZNER et al., 2013).

O profissional de fonoaudiologia busca *softwares* alternativos para auxiliar na avaliação e no monitoramento da evolução clínica desse paciente, tendo por objetivo mitigar erros que podem surgir no procedimento manual. Porém, a falta de um *software* padronizado e completo faz requerer experiência no atendimento para evitar problemas que podem surgir nessa abordagem (WANG et al., 2019).

Este trabalho faz parte do projeto revELA. projeto TED 132/2018 - Desenvolvimento Científico e Tecnológico Aplicado a Esclerose Lateral Amiotrófica, cooperação técnica entre o Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e o Ministério da Saúde, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFRN sob o número CAAE 25687819.3.0000.5537.

O projeto foi composto por diversas frentes de atuação. A proposta deste trabalho foi idealizada em uma visita à rotina de atendimento realizada pela equipe de fonoaudiologia no ambulatório destinado ao acompanhamento de pacientes com ELA localizado no Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL).

1.3. OBJETIVOS

O trabalho busca como objetivo geral apresentar uma plataforma que permita ao fonoaudiólogo ter um controle da gravação dos protocolos de testes de diadococinesia oral realizados, facilitando o acompanhamento da evolução clínica dos distúrbios da fala nos pacientes com ELA.

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, destacam-se:

- Levantamento do referencial teórico;
- Efetuar um estudo acerca da doença da ELA, a fim de compreender particularidades da doença em questão;

- Desenvolver o protótipo de uma plataforma que suporte a construção de uma base de dados da realização de protocolos clínicos em gravação de áudio.

1.4. CONTRIBUIÇÕES

As principais contribuições deste trabalho são:

- Desenvolvimento de uma plataforma *online* para aquisição e armazenamento de protocolos em áudio para o teste de diadococinesia oral;
- Construção de uma base de dados qualificada para estudos futuros relacionados ao protocolo de diadococinesia oral.

1.5. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado conforme a seguinte metodologia:

- Revisão bibliográfica dos protocolos de diadococinesia oral;
- Revisão bibliográfica dos protocolos de diadococinesia oral aplicada a ELA;
- Estudo da fundamentação teórica da doença da ELA;
- Estudo sobre modelagem e prototipagem de sistemas;
- Modelar e especificar o desenvolvimento do sistema proposto;
- Desenvolvimento da interface gráfica para o sistema proposto.

1.6. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos:

- O **Capítulo 1** abordou os objetivos e as motivações para elaboração deste trabalho, assim como uma pequena introdução e contextualização referente ao teste de diadococinesia oral;
- No **Capítulo 2** será apresentado um levantamento do estado da arte, destacando-se as várias pesquisas que utilizam os testes de diadococinesia oral de forma manual e/ou com o auxílio de algum *software*;
- O **Capítulo 3** traz a fundamentação teórica do quadro clínico no qual o

paciente com ELA é atendido, em especial o distúrbio da disartria;

- No **Capítulo 4** será apresentado o método proposto para a realização dos protocolos presentes no teste de diadococinesia oral;
- No **Capítulo 5** são apresentados os resultados obtidos na construção da interface gráfica proposta para o sistema;
- No **Capítulo 6** são apresentadas as atividades desenvolvidas e discussões gerais sobre o trabalho, bem como perspectivas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste Capítulo será feito um levantamento do estado da arte acerca do teste de diadococinesia oral, abordando estudos e pesquisas clínicas que utilizam um processo manual ou com auxílio de algum *software* na realização de avaliações dos pacientes.

2.1. TESTE DE DIADOCOCINESIA ORAL

MichalIcht e Ben-David (2014) explicam que o teste de diadococinesia oral compõe uma ferramenta comum e simples para medir a presença de deficiências no controle motor da articulação da fala. Na literatura, relata-se que o método não é bem definido e precisa adequar a avaliação de desempenho individualmente para cada paciente.

Wertzner *et al.* (2013) mostra um estudo que faz uma análise comparativa entre a avaliação manual e a avaliação por meio do *software Motor Speech Profile* (MSP) em crianças observando a produção de número de sequências por segundo. Por fim, observaram que nesse caso simples, o método manual é tão eficiente quanto por meio de um *software.*

Costa *et al.* (2015), mostra um estudo que fez uma análise de correlação entre a avaliação de diadococinesia oral utilizando o *software* MSP e a avaliação da mastigação utilizando um cronômetro em voluntários idosos. Observou-se nos resultados obtidos que quanto maior for a instabilidade na repetição dos movimentos de ponta e dorso da língua, estava correlacionado com o aumento do tempo necessário para o preparo e deglutição do alimento.

Albuquerque *et al.* (2017) apresenta um protocolo interdisciplinar de avaliação da diadococinesia: foram comparados o desempenho com os fonemas do teste de

diadococinesia oral (/papapa/, /tatata/, /kakaka/ e /pataka/) utilizando o *software Praat* (download gratuito disponível em https://goo.gl/gm7bx) para a contagem do número das sílabas e também o desempenho com as condições do teste de diadococinesia de membros superiores. Por fim, notaram que houve uma certa relação entre os testes, pois os participantes que conseguiram falar mais sílabas foram os mesmos que conseguiram fazer maior número de movimentos alternados.

Yang Yang Wang *et al.* (2019) mostra que a disfunção motora causada por distúrbios neurológicos podem resultar em dificuldades significativas de fala e deglutição. Os métodos de diagnóstico atuais para avaliar a função oromotora são subjetivos e dependem de julgamentos perceptivos por médicos. O teste de diadococinesia oral, requer repetições rápidas e alternadas de sílabas baseadas na fala, conduzido e interpretado de forma diferente entre os médicos. Sendo assim, sujeito a imprecisões, no que resulta em uma baixa confiabilidade na aplicação clínica.

2.2. RESUMO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme apresentado na seção anterior, o teste de diadococinesia ganhou destaque pela utilização em pesquisas e aplicação clínica com uma tendência de utilizar algum *software* que auxilie durante o processo de avaliação do resultado do teste. Durante a realização desta pesquisa, percebeu-se a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta completa e que pudesse auxiliar o profissional desde o processo de realização do teste até o fim da avaliação. A Tabela 1 apresenta o resumo dos trabalhos analisados.

Tabela 1- Resumo da revisão bibliográfica

Referência	Técnica empregada	Utiliza *software*
MichalIcht e Ben-David. (2014)	Teste de diadococinesia oral	Não citado
Wertzner et al. (2013)	Teste de diadococinesia oral	Sim
Costa et al. (2015)	Teste de diadococinesia oral e teste mastigatório	Sim
Albuquerque *et al.(2017)*	Testes de diadococinesia oral e de membros superiores	Sim
Yang Yang Wang et al. (2019)	Teste de diadococinesia oral	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3. ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA

Neste capítulo serão apresentadas as principais características da ELA, enfatizando a importância da ferramenta do teste de diadococinesia oral para que os fonoaudiólogos consigam auxiliar os pacientes com ELA com a avaliação e monitoramento.

3.1. CLASSIFICAÇÃO

A Esclerose Lateral Amiotrófica, definida como uma doença com afecção neurodegenerativa que afeta o sistema nervoso apresentando perda motora e, em alguns casos, até mesmo, cognitiva (BRASIL, 2020), caracteriza-se por apresentar os principais sintomas listados abaixo:

- Fraqueza muscular progressiva;
- Fasciculação (tremor no músculo);
- Espasticidade (rigidez muscular);
- Problemas de coordenação;
- Perda de massa muscular;
- Fadiga ou sensação de desmaio;
- Falta de ar ou falta de ar ao deitar-se;

- Dificuldade de fala ou espasmo das cordas vocais;
- Dificuldade de deglutir.

A realização dos testes de diadococinesia oral pretende avaliar o principal sintoma da patologia, a dificuldade de fala. Assim, foi feita uma classificação do grau de disartria, identificada pela fala fraca e lenta.

3.2. MONITORAMENTO

Jean-Martin Charcot (1825–1893) define a ELA como uma doença que não tem cura conhecida até os tempos de hoje. Porém, os profissionais de saúde podem intervir para prolongar e melhorar a qualidade de vida do paciente, e, o monitoramento tem um papel fundamental para isso.

Com isso, o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de realizar os testes de diadococinesia oral, permitindo inteligência na gestão dos dados coletados, abre espaço para o avanço de estudos da doença.

No ambulatório do Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), por exemplo, dentre os profissionais que compõe a equipe de atendimento aos pacientes com ela, temos a fonoaudiologia que realiza avaliações mensalmente, trimestralmente ou semestralmente que dependerá da evolução clínica da pessoa com ELA.

O protocolo adotado por estes profissionais recebe o nome característico “PATAKA”, o qual avalia a dinâmica da fala: bilabial (PA), dental (TA) e ventral (KA) (Albuquerque, 2017). A avaliação considera os seguintes pontos:

- Tempo entre as sílabas;
- Tempo de pausa;
- Quantidade de pausas;
- Nível de compreensão da fala;
- Idade;
- Tempo com ELA.

4. MÉTODO PROPOSTO

Neste capítulo será apresentado o método proposto para o sistema, identificando os *softwares* utilizados e a modelagem segue o rigor dos diagramas de atividade, de classe e de casos de uso, os quais cumprem os requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio.

4.1. MODELAGEM DO SISTEMA

Guedes (2018) define a *Unified Modeling Language* (UML) como uma linguagem visual utilizada para modelar *softwares* baseados no paradigma de orientação a objetos. Utilizada para modelagem de propósito geral que pode ser aplicada a todos os domínios de uma aplicação. Nos últimos anos, tornou-se o padrão de modelagem adotada internacionalmente pela indústria de engenharia de *software*.

A UML tem por objetivo auxiliar os desenvolvedores modelando e definindo características do sistema, como requisitos, estrutura lógica, dinâmica de processos e até necessidades físicas em relação ao equipamento onde o sistema deverá ser implantado (SOMMERVILLE, 2019).

A Figura 1 mostra como a modelagem do sistema é regida pelos requisitos, identificação dos atores, regras de negócio, diagramas de casos de uso, classe e atividade.

Figura 1 - Diagrama de blocos da modelagem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os requisitos funcionais declaram as funções que o sistema fornecerá ao usuário (SOMMERVILLE, 2019). Na Tabela 2 tem-se os requisitos do sistema e na Tabela 3 um breve detalhamento.

Tabela 2 - Requisitos Funcionais – Descrição.

Código	Descrição
RF01	Registrar-se.
RF02	Listar Pacientes.
RF03	Cadastrar Paciente
RF04	Listar Protocolos do paciente.
RF05	Realizar Protocolo.
RF06	Reproduzir Protocolo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 3 - Requisitos Funcionais – Detalhamento.

Código	Descrição
RF01	Realizar o auto-cadastro do novo usuário no sistema.
RF02	Listar os pacientes cadastrados no sistema.
RF03	Realizar o cadastro de um novo paciente no sistema.
RF04	Listar protocolos realizados em um paciente.
RF05	Realizar a gravação de um novo protocolo para um paciente.
RF06	Reproduzir em áudio um protocolo gravado do paciente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os requisitos não funcionais expressam a qualidade e restrições do sistema (SOMMERVILLE, 2019). Na Tabela 4 tem-se os requisitos não funcionais do sistema.

Tabela 4 - Requisitos Não Funcionais – Descrição.

Código	Descrição
RNF01	Autenticação. O usuário deve estar devidamente autenticado no sistema.
RNF02	Armazenamento. O sistema deve ter acesso e comunicação integral a um banco de dados.
RNF03	Segurança. Todos os registros de protocolos e informações dos usuários devem estar protegidos.
RNF04	Rede de Internet. O acesso ao sistema necessita do uso de uma rede de internet no dispositivo do usuário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os atores são papéis de elementos externos com a função de interagir diretamente com o sistema (SOMMERVILLE, 2019). Na Tabela 5 identifica apenas o usuário como ator do sistema.

Tabela 5 – Identificação e descrição dos atores.

Ator	Descrição
01 - Fonoaudiólogo	O usuário do sistema será um profissional da fonoaudiologia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As Regras de negócio são premissas e restrições, que precisam ser atendidas para que o sistema funcione da maneira esperada (SOMMERVILLE, 2019). Na Tabela 6 são descritos as delimitações permitidas através do sistema.

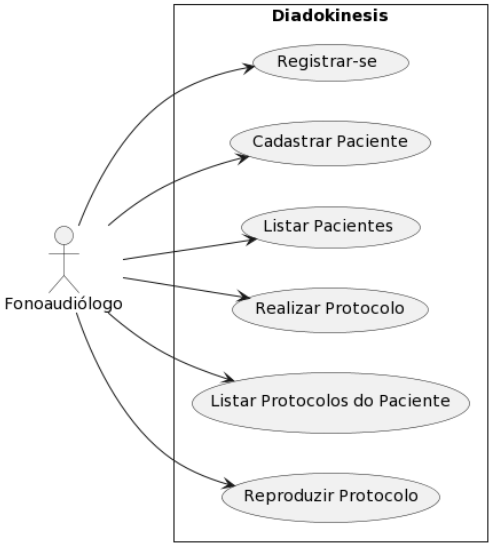
Tabela 6 - Regras de Negócio – Descrição.

Código	Descrição
RN01	O usuário precisa estar cadastrado e autenticado no sistema para acessar as funcionalidades.
RN02	Os pacientes são cadastrados pelo usuário do sistema.
RN03	Os protocolos são realizados apenas para pacientes cadastrados no sistema.
RN04	O usuário consegue visualizar todos os protocolos do paciente, inclusive os que foram realizados por outro usuário.
RN05	O usuário não consegue apagar um protocolo realizado por outro usuário.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O diagrama de casos de uso, item fundamental para o e análise de requisitos, foi consultado durante todo o processo de modelagem, servindo até de base para outros diagramas. A ferramenta utilizada representa como os casos de uso interagem entre si no sistema e com os usuários (atores) ao mostrar os relacionamentos entre funcionalidades, as quais são utilizadas pelo usuário durante o uso do sistema (SOMMERVILLE, 2019). A Figura 2 apresenta o diagrama de caso de uso especificado para a proposta de acordo com a UML 2.0.

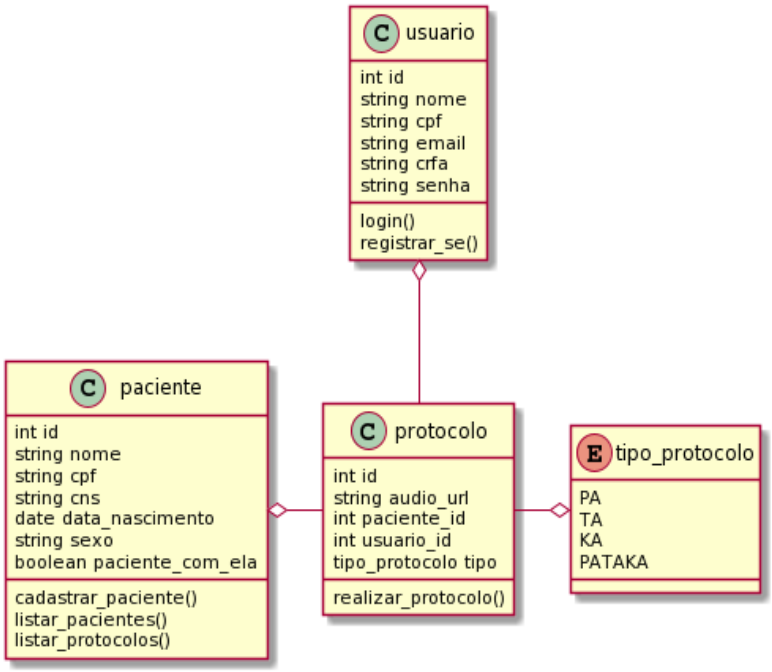
Figura 2 – Diagrama de casos de uso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O diagrama de classes é utilizado para mostrar as classes de um sistema e as associações entre elas. Em resumo, uma classe de objeto pode ser pensada como uma definição geral de um tipo de objeto do sistema (SOMMERVILLE, 2019). A Figura 3 apresenta a associação entre as classes do sistema proposto.

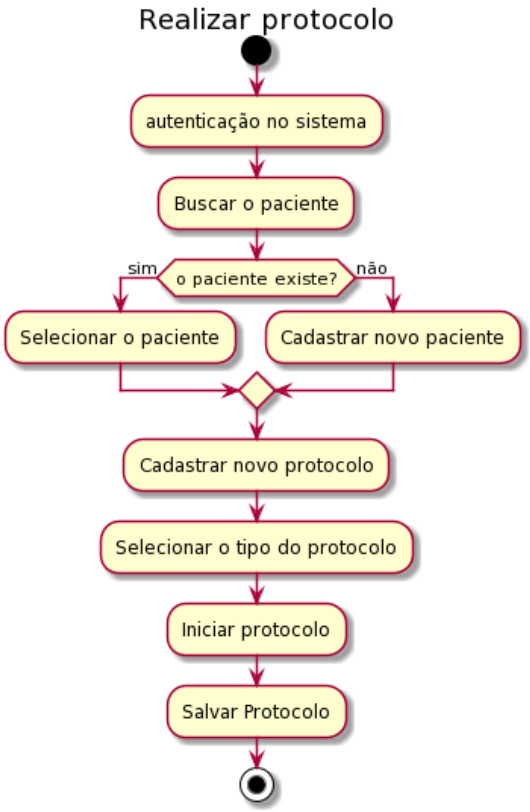
Figura 3 – Diagrama de classes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O diagrama de atividade descreve os passos a serem percorridos para a conclusão de uma determinada situação. Essa ferramenta poderosa facilita a compreensão e análise do sistema e do negócio. Por outro lado, na fase de projeto, o uso desse instrumento direciona o que deve ser seguido no decorrer do desenvolvimento das funcionalidades da solução (SOMMERVILLE, 2019). A Figura 4 apresenta o diagrama da atividade de realizar protocolo.

Figura 4 – Diagrama de atividade da realização do protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.2. *SOFTWARES* UTILIZADOS

4.2.1. PLANTUML

O PlantUML é uma ferramenta de código aberto que permite aos usuários criar diagramas previstos em UML a partir de uma linguagem de texto simples. Assim, esse *software* é uma ferramenta prática e essencial para o desenvolvimento deste trabalho (PlantUML, 2009).

4.2.2. FIGMA

O Figma é uma ferramenta que permite a prototipação de interfaces no próprio navegador, por ser um sistema alocado na nuvem. Com ele é possível a construção de um protótipo de média fidelidade, no qual é uma modelagem bem próxima do produto final proposto (Figma, 2016). O Figma possui uma versão acadêmica gratuita e, também, possui baixa complexidade para quem não tem experiência na área de *design*, sendo assim, torna possível o desenvolvimento deste trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentadas as telas do sistema proposto para realização dos testes de diadococinesia oral em pacientes com ELA. O sistema foi prototipado utilizando a ferramenta Figma seguindo as especificações da modelagem.

5.1. INTERFACE GRÁFICA DO SISTEMA

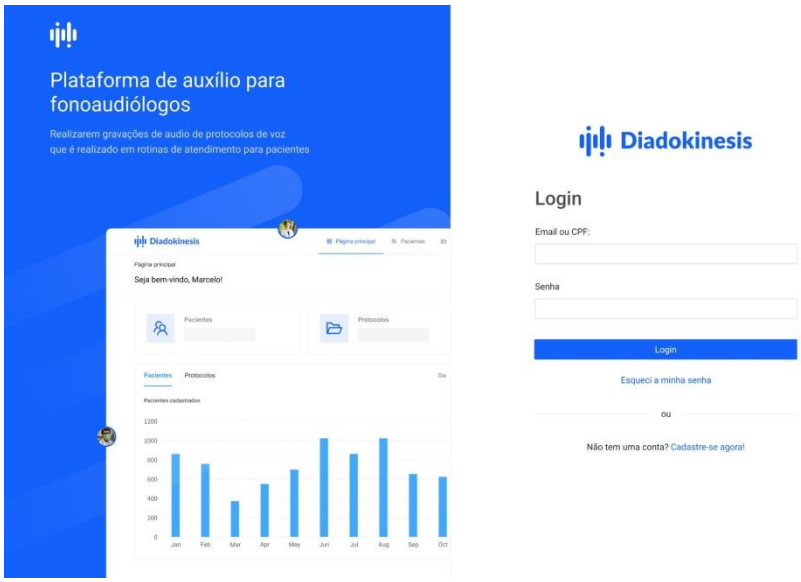
Inspirado na palavra diadococinesia, com origem grega dos termos *diadochos* – "sucessivos" – e *kinesis* – "movimento", foi denominado para este trabalho como sistema *Diadokinesis* (Figura 5).

Figura 5 – Diadokinesis.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 6 apresenta a tela de autenticação no sistema que atende o RNF01 e a RN01, permitindo assim, que o usuário acesse as funcionalidades do sistema após informar seu *e-mail* ou CPF e a senha de acesso, sendo redirecionado para a tela inicial. Caso o usuário ainda não possua cadastro no sistema ele poderá clicar no *link* "Cadastre-se agora" e em seguida será redirecionado para a tela de registrar-se.

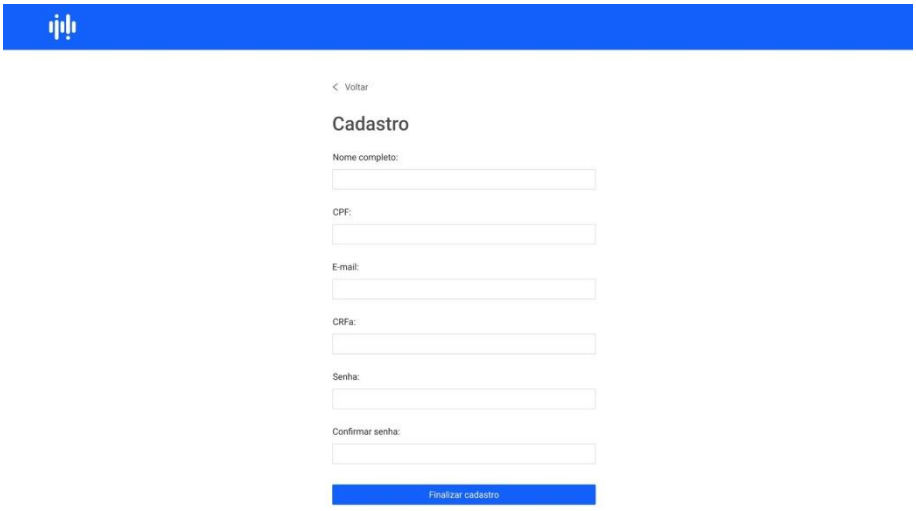
Figura 6 – Tela de autenticação no sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 7 exibe a tela de cadastro no sistema que atende o RF01, a qual permite que o usuário realize seu cadastro informando seu nome completo, CPF, *e-mail*, CRFa e uma senha para obter acesso ao sistema. Após finalizar o autocadastro, o usuário será redirecionado para a tela de autenticação.

Figura 7 – Tela de registro no sistema.

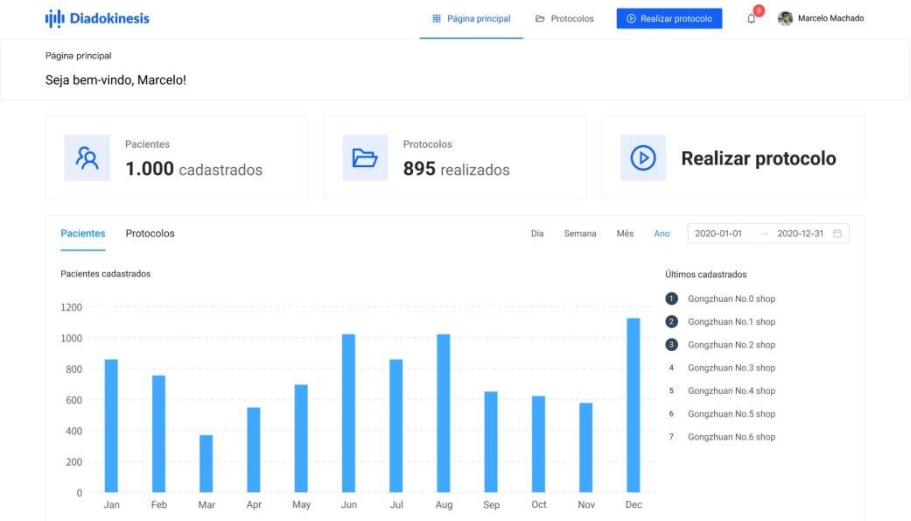


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 8 mostra a tela inicial da ferramenta com algumas métricas do sistema no que se refere a quantidade de pacientes e protocolos cadastrados. Através do botão de navegação denominado “Protocolos”, o usuário é redirecionado para a listagem dos

protocolos realizados nos pacientes. Com o botão “Realizar protocolo”, o usuário será redirecionado para a tela de realização do protocolo.

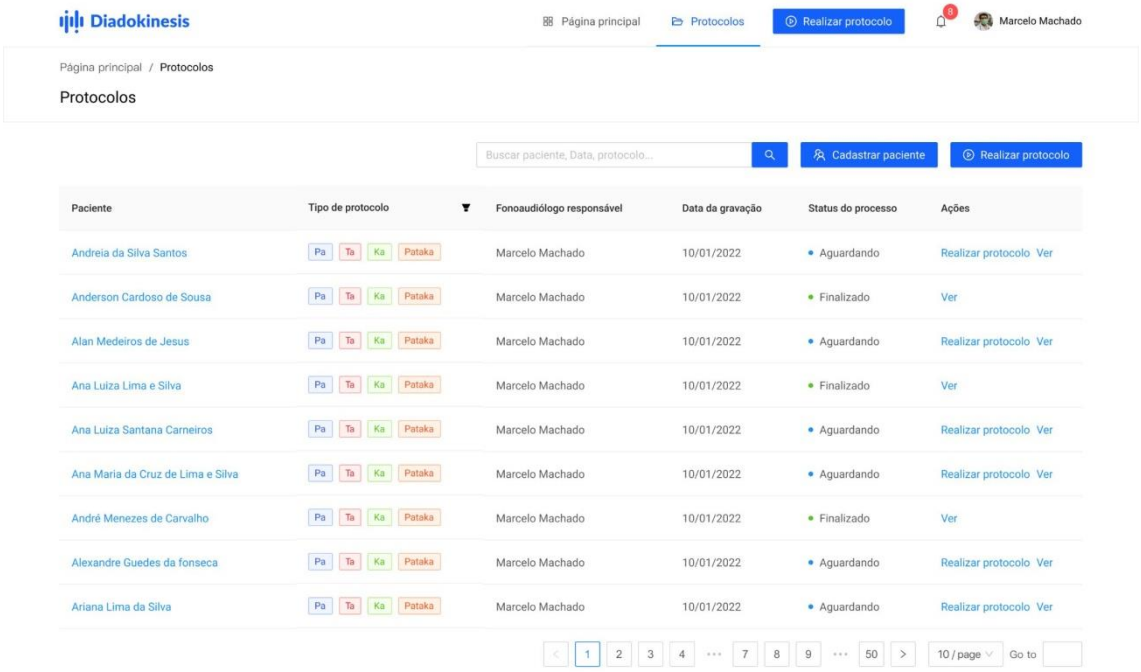
Figura 8 – Tela inicial do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 9 exibe a tela de listagem de protocolos que representa o caso de uso “listar protocolos do paciente” com os seguintes dados: nome do paciente, tipo do protocolo, fonoaudiólogo responsável, data da gravação do protocolo e status do processo para informar se o teste foi finalizado. Além disso, é possível ver os detalhes ou realizar o protocolo que está aguardando, cumprindo com a RN04 e o RF02. O campo de busca tem o objetivo de filtrar, de forma inteligente, a listagem a partir do nome do paciente, data da gravação ou tipo de protocolo. O usuário, ao clicar no botão “ver”, será redirecionado para a tela de detalhes do paciente, e ao clicar no botão “Realizar protocolo”, será redirecionado para a tela demonstrada na Figura 13.

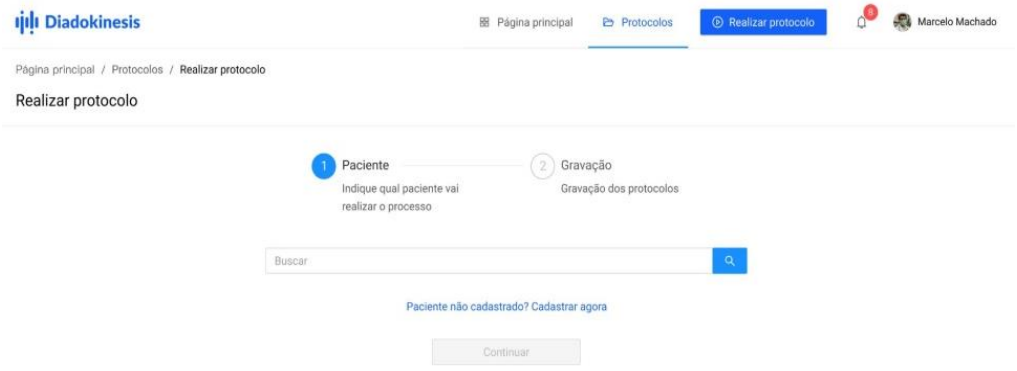
Figura 9 – Tela de listagem dos protocolos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 10 apresenta a tela de busca dos pacientes mostrando a necessidade de informar o nome para realizar a pesquisa, como prevê o RF02. Após selecionar o paciente, como exemplificado na Figura 11, o usuário poderá seguir para a realização do protocolo.

Figura 10 – Tela de buscar pacientes.

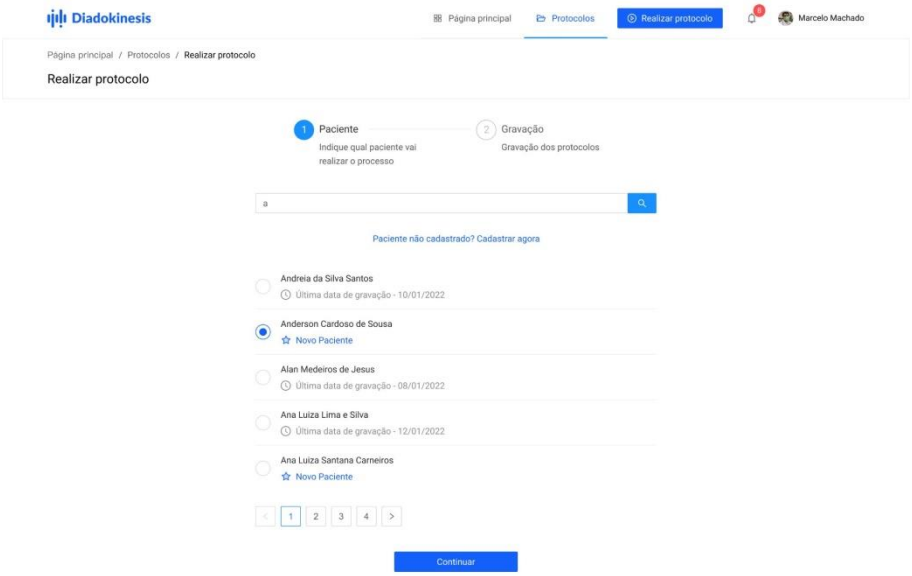


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 10 e a Figura 11 mostram como cadastrar um novo paciente através do botão “Paciente não cadastrado? Cadastrar agora”. Caso ele não tenha sido encontrado

na busca realizada, o usuário é redirecionado para a tela de cadastro do paciente.

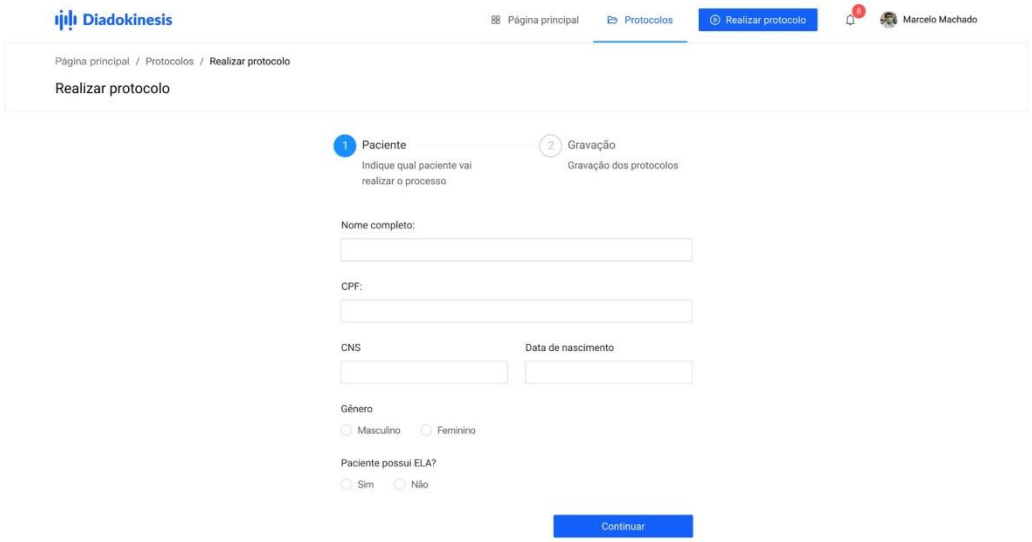
Figura 11 – Tela de resultado da busca dos pacientes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 12 apresenta a tela de cadastro de um novo paciente, atendendo a RN03. É necessário informar nome completo, CPF, CNS, data de nascimento, gênero e se é diagnosticado com ELA. Em seguida, após o cadastro, o usuário será redirecionado para a tela de realização do protocolo (Figura 13).

Figura 12 – Tela de cadastro de um novo paciente.



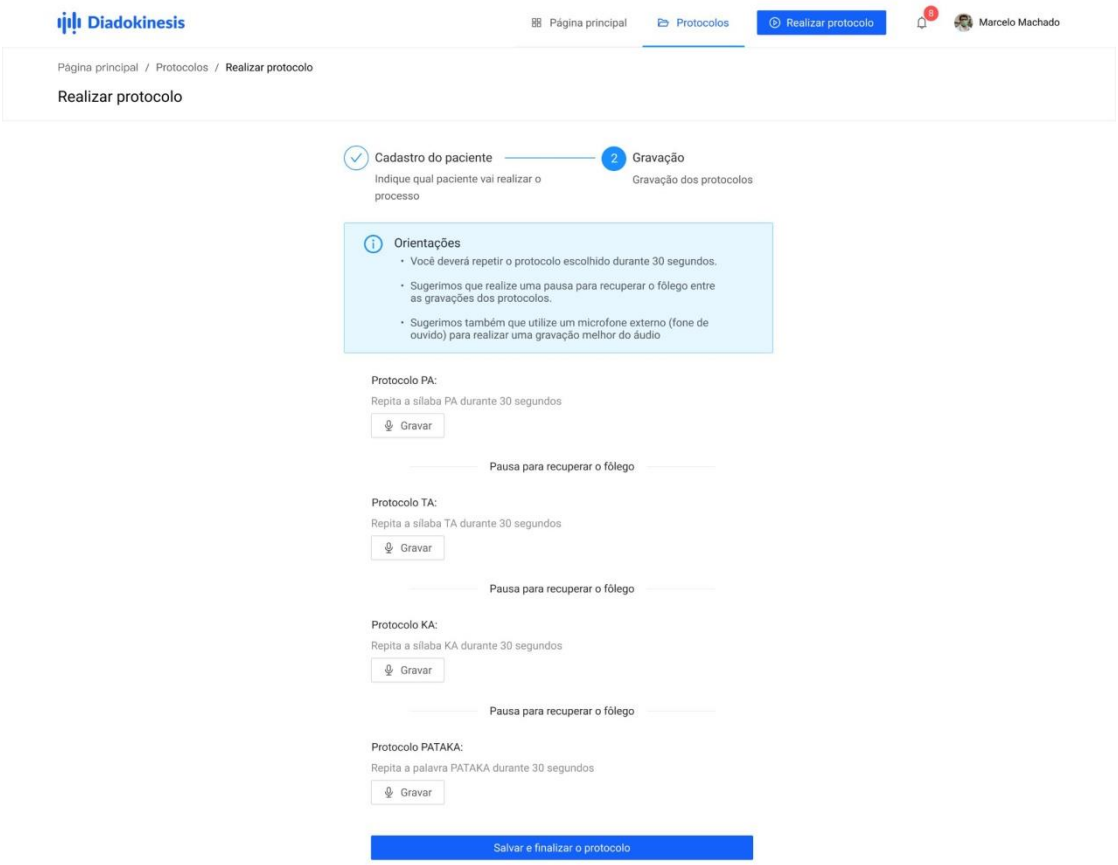
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Figura 13 mostra a tela de realização do protocolo, atendendo a RN04, na qual será possível gravar, individualmente, os termos “PA”, “TA”, “KA” e “PATAKA”, e

suas respectivas sequências de repetições. Para obter uma boa gravação, algumas orientações são recomendadas:

- Repetir o protocolo escolhido durante 30 segundos;
- Realizar uma pausa para recuperar o fôlego entre as gravações dos protocolos;
- Utilizar um microfone externo.

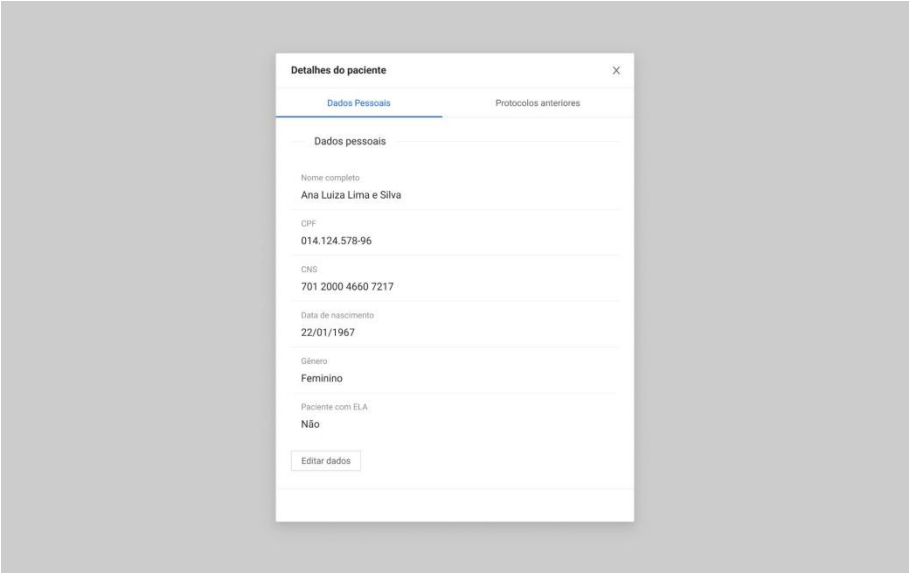
Figura 13 – Tela de realização do protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

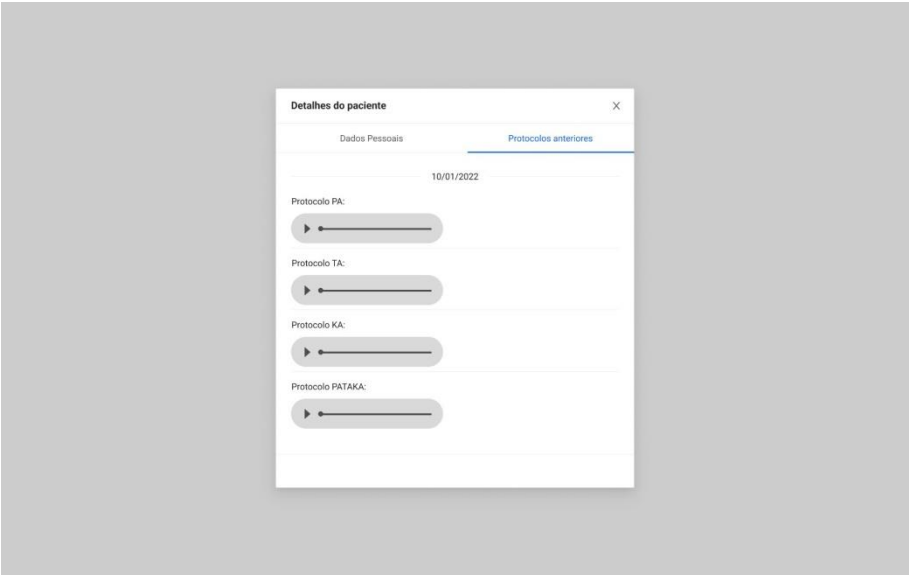
A Figura 14 apresenta a tela de detalhes do paciente. São apresentadas as abas de “Dados Pessoais”, com as informações cadastradas do paciente, e a aba “Protocolos anteriores”, a qual apresenta os protocolos realizados anteriormente. O áudio pode ser reproduzido em cada protocolo, como exemplifica a Figura 15.

Figura 14 – Tela de detalhes do paciente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 15 – Tela de listagem dos protocolos de um paciente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, as telas apresentadas têm o objetivo de atender a modelagem proposta pelos diagramas da *UML*. O protótipo segue as regras e os requisitos necessários para atender a solução dos problemas que objetivam o desenvolvimento das funcionalidades, as quais são seguidas pelo fluxo descrito na Figura 4.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi proposto construir um protótipo de média fidelidade com o objetivo de propor a implementação de uma plataforma capaz de realizar o teste de diadococinesia oral para pacientes com ELA. A partir desta plataforma será obtido vários dados em áudio da gravação dos protocolos de diversos pacientes, sendo assim, construído uma base de dados que permitirá estudos futuros.

A base de dados construída com a implementação do *Diadokinesis* potencializará os conhecimentos acerca do teste de diadococinesia oral no domínio de estudos e avaliações clínicas. Além disso, permitirá um melhor monitoramento da evolução clínicas dos pacientes cadastrados no sistema, uma vez que o controle dos protocolos será bem gerenciado.

Em suma, o sistema proposto apresenta uma grande potencialidade de aplicação na área da fonoaudiologia, auxiliando os profissionais no monitoramento de pacientes, bem como na validação de dados clínicos oriundos do teste de diadococinesia oral. Embora o sistema tenha sido aplicado apenas no contexto da ELA, os protocolos são realizados em outras patologias e podem abrir novos horizontes de estudos acerca da técnica.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade deste trabalho, diversos temas podem ser explorados, contribuindo bastante para o meio científico, gerando novas discussões e contribuições interessantes para a área da telessaúde/telemedicina, especialmente para a área da fonoaudiologia. São, então, sugeridas as seguintes propostas:

- Implementação do sistema proposto;
- Análise de outras patologias de origem oromotoras, como por exemplo, afrasia e gagueira;
- Análise dos sinais de voz com o objetivo de extrair novas características importantes para estudo da ELA.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Jessica Talita da Cruz *et al*. **Avaliação interdisciplinar da diadococinesia: um estudo piloto**. Fisioter. Pesqui. [online]. 2017, vol.24, n.4, pp.420-426. ISSN 2316-9117

Kriss Rozenstoks, Michal Novotny, Dana Horakova, and Jan Rusz. ***Automated assessment of oral diadochokinesis in multiple sclerosis using a neural network approach: effect of different syllable repetition paradigms*.** IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2019; DOI 10.1109/TNSRE.2019.2943064

Yang Yang Wang *et al*. ***DeepDDK: A Deep Learning based Oral-Diadochokinesis Analysis Software***

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de *Software*.** 10º Edição. São Paulo: Pearson, 2019.

GUEDES, Gilleanes T. A. **UML 2 – uma abordagem prática.** 3º Edição. São Paulo: Novatec, 2018

FIGMA. **Figma: the collaborative interface design tool.** Disponível em: < https://www.figma.com/>. Acesso em: 11 de janeiro de 2021.

PlantUML. **PlantUML: Easily create beautiful UML Diagrams from simple textual description.** Disponível em: < https://www.plantuml.com/>. Acesso em: 11 de janeiro de 2021.

Michal Icht a , Boaz M. Ben-David. **Oral-diadochokinesis rates across languages: English and Hebrew norms.** Journal of Communication Disorders 48 (2014) p.27–37. DOI 10.1016/j.jcomdis.2014.02.0020021-9924

BRASIL. Ministério da Saúde. **Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA)**. www.gov.br, 2020. Departamento de Atenção Básica. Caderno de atenção domiciliar volume 2. Brasília, 2013. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-aa-z-1/e/esclerose-lateral-amiotrofica-ela. Acesso em: 15 de janeiro de 2022.

KayPENTAX. ***Software Motor Speech Profile (MSP) Model 5141, software instruction manual***. Lincoln Park, NJ: KayPentax; 2008.

Leeper H A, Jones E. **Frequency and intensity effects upon temporal and aerodynamic aspects of vocal fold diadochokinesis**. Percept Mot Skills. 1991;73(3):880-882.

WERTZNER, Haydée Fiszbein *et al*. **Implicações da diadococinesia oral no transtorno fonológico.** CoDAS 2013;25(1):52-8

COSTA, Danila Rodrigues *et al*. **Diadococinesia oral e função mastigatória em idosos saudáveis**. Audiol Commun Res. 2015;20(3):191-7. DOI 10.1590/S2317-64312015000200001489

Mahyara Francini Jacob, Daniela Jovel Modolo, Katia Flores Genaro. **Oral diadochokinesia and lisp in speech production in children with surgically repaired cleft lip and palate.** Audiol Commun Res. 2015;20(1):56-61. DOI 0.1590/S2317-64312015000100001446.

Peyman Zamani, Hossein Rezai, Neda Tahmasebi Garmatani. **Meaningful Words and Non-Words Repetitive Articulatory Rate (Oral Diadochokinesis) in Persian Speaking Children.** J Psycholinguist Res (2017) 46:897–904. DOI 10.1007/s10936-016-9469-4