

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação

Dissertação de Mestrado

Sistema de apoio à decisão na realização e
acompanhamento do teste da linguinha

Mestrando

Hitalo Emanuel Gondim Bezerra de Medeiros

Orientadora

Prof. Dra. Cíclia Raquel Maia Leite

Co-Orientador

Prof. Dr. Pedro Fernandes Ribeiro Neto

Mossoró - RN

Fevereiro - 2016

HITALO EMANOEL GONDIM BEZERRA DE MEDEIROS

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NA REALIZAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DO TESTE DA LINGUINHA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dra. Cícilia Raquel Maia Leite

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Fernandes Ribeiro Neto

MOSSORÓ - RN

2016

Catálogo da Publicação na Fonte.

Medeiros, Hitalo Emanuel Gondim Bezerra de
Sistema de apoio à decisão na realização e acompanhamento do teste da
linguinha. / Hitalo Emanuel Gondim Bezerra de Medeiros. - Mossoró, RN, 2016.

73 p.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Cícilia Raquel Maia Leite

Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade do Estado
do Rio Grande do Norte. Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

1. Redes Neurais Artificiais. 2. Sistema de Apoio à Decisão. 3. Teste da
Linguinha. Triagem Neonatal. Assistência Neonatal. I. Leite, Cícilia Raquel Maia.
II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte . III. Título.

CDD 006.3

HITALO EMANOEL GONDIM BEZERRA DE MEDEIROS

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO NA REALIZAÇÃO
E ACOMPANHAMENTO DO TESTE DA LINGUINHA**

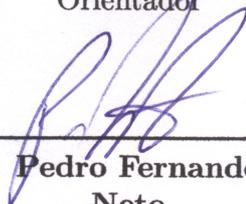
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 20 / 02 / 2016.

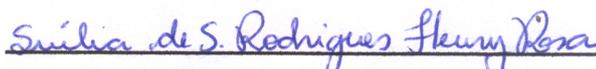
BANCA EXAMINADORA



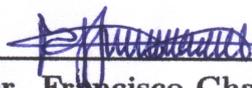
Prof. Dra. Cicília Raquel Maia Leite
Orientador



**Prof. Dr. Pedro Fernandes Ribeiro
Neto**
Co-Orientador



**Prof. Dra. Suélia de Siqueira
Rodrigues Fleury Rosa**
Avaliadora Externa



**Prof. Dr. Francisco Chagas Lima
Júnior**
Avaliador do Programa

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre zelando por mim.

Muitas pessoas, direta ou indiretamente, contribuíram e fizeram parte desta etapa da minha vida. Tenho plena convicção de que sem o apoio de cada uma delas eu não teria chegado até aqui. Espero que todas se sintam agradecidas e saibam que esta conquista não é só minha, mas de todos nós.

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional, pela torcida, pela ajuda, pela compreensão, pela confiança e por acreditar em mim.

Agradeço aos meus orientadores, a professora Cícilia e o professor Pedro. O meu muito obrigado pela orientação, pela paciência, pelas lições acadêmicas, pela confiança, pela atenção, pelos ensinamentos e, principalmente, pela amizade e por acreditar em mim.

Agradeço aos professores Lima e Marcelino, que me deram a oportunidade de trabalhar junto com eles no Programa de Educação Tutorial (PET). Do mesmo modo, agradeço aos colegas do grupo.

Agradeço a Jomar, Gláucia, Karla, Roberta e Renata que, além da amizade, contribuíram diretamente no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos e membros do GES. Agradeço em especial a Ronnison, Denilson, Marlos, Anderson, Marlon, Davi, Kayo, Leandro, Aristóteles, Suellem, Natan, Rodrigo, Irlan, Neto, Michael, Erick, Romário, Ismael e Bruno que sempre estiveram dispostos a me ajudar, ouvindo minhas dúvidas, discutindo soluções, ajudando-me nas apresentações e oferecendo sempre apoio necessário.

Agradeço aos meus amigos da graduação e da pós-graduação que muito contribuíram para a minha formação! Obrigado pelos momentos de descontração e diversão e pela convivência. Agradeço em especial a Rodrigo, Thiago, Gilberto, Kennedy, Mariza, Romário, Caio, André, Victor, Getulio, Ivaneide, Joyse, Ferdinício, Cleidson e Luan pelas parcerias de sucesso nos trabalhos e contribuições decisivas nas tarefas acadêmicas.

Agradeço aos professores e técnicos do PPgCC, que muito me ensinaram e, por vezes, me inspiraram e motivaram.

Resumo

A triagem neonatal consiste em uma série de testes realizados no recém-nascido como forma de avaliação geral de sua saúde e do diagnóstico precoce de doenças, o que permite começar cedo com o tratamento para diminuir ou eliminar possíveis fatores que venham a prejudicar o desenvolvimento normal da criança. Entre os testes mais comuns, podem-se citar os da: orelhinha, olhinho, pezinho, coraçãozinho e linguinha, nos quais é avaliada a condição auditiva, visual, sanguínea, saturação de oxigênio e a movimentação da língua, respectivamente. O contexto desse trabalho deu-se na execução e no acompanhamento do teste da linguinha. É importante verificar se o recém-nascido consegue movimentar corretamente a língua, isso porque, se possuir algo obstruindo essa movimentação, apresentará dificuldades nas funções que esta exerce (engolir, sugar, falar, mastigar, entre outras), necessitando realizar uma cirurgia de correção. Sabe-se que identificar problemas na movimentação da língua não é fácil, de modo que, o auxílio de sistemas computacionais e de processamento inteligente da informação é de grande contribuição para acompanhar e dar suporte aos profissionais de saúde. Sendo assim, este trabalho de dissertação tem por objetivo desenvolver um sistema de apoio à decisão na realização e no acompanhamento do teste da linguinha, utilizando Redes Neurais Artificiais e redes Bayesianas para emissão de alertas e recomendações em situações anormais. Destaca-se que, tanto na concepção da RNA quanto na rede Bayesiana, foi utilizada uma base de dados elaborada por meio de protocolos reais fornecidos pelos especialistas clínicos (fonoaudiólogos, médicos e enfermeiros). Os resultados apresentados foram considerados satisfatórios e relevantes por médicos especialistas, principalmente pelas possibilidades de melhoria no atendimento aos recém-nascidos, propiciado pelo uso do sistema.

Palavras-chave: Triagem Neonatal, Assistência Neonatal, Sistema de Apoio à Decisão, Redes Neurais Artificiais, Teste da Linguinha.

Abstract

Neonatal screening consists in a series of newborn tests as a way of general evaluation of their health and early diagnosis of diseases, which allows the treatment to start early and reduce or eliminate any factors that may prejudice the child's normal development. Among the most common newborn screening tests we have: ears, eyes, blood, heart and tongue, which evaluates hearing condition, visual condition, blood condition, oxygen saturation and tongue movement, respectively. The context of this work will be the implementation and monitoring of the tongue test. It is important to check that the newborn can move the tongue correctly because when something is obstructing this movement, there will be difficulties in the functions it exercises (swallowing, sucking, talking, chewing, etc.), which will require a corrective surgery. It is known it is not easy to identify problems with tongue movement, so the aid of computer systems and intelligent processing of information would be a great contribution on attendance and support to health professionals. Thus, this work aims to develop a system for decision support in the implementation and monitoring of tongue test, using artificial neural networks and Bayesian networks to emit alerts and recommendations in abnormal situations. It is noteworthy that in the design of the artificial neural network and the Bayesian network a database created by actual protocols provided by clinical specialists (speech therapists, doctors and nurses) was used. The results were considered satisfactory and relevant by medical experts, especially by the possibilities of improving newborns care that the system can provide.

Keywords: Neonatal screening, Neonatal Care, Decision Support System, Artificial Neural Networks, Neonatal Tongue Screening Test.

Lista de abreviaturas e siglas

3D	3 Dimensões
CPF	Cadastro de Pessoa Física
E-Health	<i>Electronic Health</i>
EOAE	Emissões Otoacústicas Evocadas
GOE	<i>Global Observatory for E-Health</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HIV	<i>Human Immunodeficiency Virus</i>
M-Health	<i>Mobile Health</i>
NICU	<i>Neonatal Intensive Care Unit</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PEATE	Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico
RNA	Rede Neural Artificial
SBP	Sociedade Brasileira de Pediatria
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SNN	Sucção Não-Nutritiva
SN	Sucção Nutritiva
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplo de tecnologias sendo utilizadas na área da saúde.	17
Figura 2 – Modelo de neurônio de McCulloch e Pitts.	21
Figura 3 – Exemplo de rede.	22
Figura 4 – Coleta de amostra de sangue para o teste do pezinho.	24
Figura 5 – Reflexo observado no teste do olhinho.	25
Figura 6 – Teste da orelhinha realizado pelo método EOAE.	26
Figura 7 – Procedimento para o teste do coraçãozinho.	27
Figura 8 – Frênulo da língua em bebês.	28
Figura 9 – Parte do protocolo destinada a identificação e antecedentes.	29
Figura 10 – Parte do protocolo destinada a amamentação.	29
Figura 11 – Parte do protocolo destinada a postura dos lábios em repouso.	30
Figura 12 – Parte do protocolo destinada a tendência do posicionamento da língua durante o choro.	30
Figura 13 – Parte do protocolo destinada ao formato da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação.	31
Figura 14 – Parte do protocolo destinada a espessura do frênulo.	31
Figura 15 – Parte do protocolo destinada a fixação do frênulo na parte ventral da língua.	32
Figura 16 – Parte do protocolo destinada ao movimento da língua.	32
Figura 17 – Parte do protocolo destinada ao ritmo da sucção, coordenação, se morde o mamilo ou apresenta estalos de língua.	33
Figura 18 – Equipamento desenvolvido para monitoramento de recém-nascidos.	34
Figura 19 – Grafo de classificação da condição de saúde de recém-nascidos.	35
Figura 20 – Sistema para medir a temperatura de recém-nascidos.	35
Figura 21 – Etapas do processamento.	38
Figura 22 – Exemplo de acesso aos dados do banco.	39
Figura 23 – Rede neural do protocolo do teste da linguinha.	41
Figura 24 – Arquitetura de acesso ao servidor.	43
Figura 25 – <i>Menu</i> principal do aplicativo.	45
Figura 26 – Tela de cadastro de recém-nascidos.	45
Figura 27 – Tela para selecionar o tipo de consulta.	46
Figura 28 – Tela de triagem.	47
Figura 29 – Tela de opções do recém-nascido.	48
Figura 30 – Visualização de informações previamente cadastradas.	48
Figura 31 – Exemplos de formulários de registro de informações.	49
Figura 32 – Menu da tela de recém-nascido.	49

Figura 33 – Resultados das avaliações.	50
Figura 34 – Resultados contraditórios.	50
Figura 35 – Tela de <i>login</i> da plataforma.	52
Figura 36 – Tela inicial da plataforma.	52
Figura 37 – Menu Pessoas.	53
Figura 38 – Tela de cadastro dos profissionais.	53
Figura 39 – <i>Menu</i> Módulos.	54
Figura 40 – Opções do teste da linguinha.	55
Figura 41 – Formulário de cadastro da história clínica.	55
Figura 42 – Formulário de cadastro da sucção não nutritiva e nutritiva.	56
Figura 43 – Formulário de cadastro da avaliação anatomofuncional.	57
Figura 44 – Segunda parte do formulário de cadastro da avaliação anatomofuncional.	57
Figura 45 – Gráfico de resultado da classificação da RNA.	61
Figura 46 – Matriz de confusão da RNA.	61
Figura 47 – Rede bayesiana modelada no trabalho.	62
Figura 48 – Exemplo de situação simulada na rede.	63

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação de características dos trabalhos.	36
Tabela 2 – Amostra de participantes da pesquisa.	59
Tabela 3 – Comparação de resultados.	60
Tabela 4 – Resultado dos ensaios.	61
Tabela 5 – Comparação de resultados com rede bayesiana.	63

Sumário

1	Introdução	14
2	Referencial Teórico	17
2.1	<i>E-Health</i>	17
2.1.1	<i>M-Health</i>	18
2.2	Sistemas Inteligentes	19
2.2.1	Redes Neurais Artificiais	20
2.2.2	Redes Bayesianas	22
2.3	Triagem Neonatal	23
2.3.1	Teste do Pezinho	23
2.3.2	Teste do Olhinho	25
2.3.3	Teste da Orelhinha	26
2.3.4	Teste do Coraçõozinho	26
2.3.5	Teste da Linguinha	27
2.4	Trabalhos Relacionados	33
3	Sistema de apoio à decisão na realização e acompanhamento do teste da linguinha	37
3.1	Visão Geral	37
3.2	Etapas	38
3.2.1	Aquisição do conhecimento e aquisição dos dados	39
3.2.2	Pré-processamento	40
3.2.3	Processamento	40
3.2.4	Pós-processamento	41
4	T_Linguinh@	42
4.1	Visão Geral	42
4.2	T_Linguinh@ Móvel	43
4.2.1	Arquitetura	43
4.2.2	Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do T_Linguinh@ Móvel	44
4.2.3	Funcionalidades do T_Linguinh@ Móvel	44
4.2.3.1	Cadastrar	45
4.2.3.2	Buscar Cadastro	46
4.2.3.3	Triagem Neonatal	46
4.2.3.4	Reteste	47
4.2.3.5	Sincronizar	51
4.2.3.6	Opções	51
4.3	T_Linguinh@ Web	51
4.3.1	Plataforma MeD	51

4.3.2	Funcionalidades do T_Linguinh@ Web	54
5	Validação e Resultados	58
6	Conclusões	64
	Referências	66

1 Introdução

A evolução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem permitido significativos avanços tecnológicos nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como, educação, saúde, economia, entretenimento, segurança, entre outros. Na área da saúde, destacam-se o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de equipamentos e/ou sistemas que proporcionam à população inúmeros benefícios na busca de uma melhor qualidade de vida.

De acordo com Dias (2002), a combinação entre mobilidade e comunicação sem fio tem oferecido aos usuários em movimento uma gama de serviços atraentes e de alta qualidade. Desse modo, juntamente com o avanço dos aparelhos celulares, as redes sem fio tornaram-se mais eficientes mediante o vasto número de aplicativos e informações que podem ser processadas e armazenadas. De acordo com Hellman (2007), o desenvolvimento tecnológico está deslocando-se rumo a um conjunto de serviços posicionados entre as telecomunicações e as TICS.

A mortalidade infantil é definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como morte que ocorre até aos vinte e oito dias após o nascimento (HEALTH, 2000). Nas últimas décadas, nos países em desenvolvimento, tem diminuído a velocidade da redução desses índices, despertando preocupações nos governos e nas instituições voltadas ao bem-estar infantil. Esse fator tem levado ao desenvolvimento de pesquisas e estratégias para o alcance de indicadores mais animadores. No Brasil, entre 1990 e 2000, a mortalidade infantil caiu de 47,1 para 26,8 óbitos em menores de um ano para cada mil nascidos vivos, a partir daí observa-se uma desaceleração, chegando a 19,3 no ano de 2007 (Ministério da Saúde e Organização Pan-Americana de Saúde, 2012).

A mortalidade infantil é reflexo dos efeitos das condições econômicas e sociais, afetando a saúde das mães e dos recém-nascidos, bem como da ineficiência dos sistemas de saúde. Uma estratégia implantada para a redução de complicações em recém-nascidos no período neonatal tem sido a aplicação dos exames neonatais. Assim, os exames neonatais são realizados no recém-nascido como uma forma de avaliação geral de sua saúde, bem como uma forma de diagnóstico precoce de doenças, o que permite iniciar cedo o tratamento, de modo a diminuir e eliminar possíveis fatores que venham a prejudicar o desenvolvimento normal da criança. Entre os exames mais comuns estão o teste do pezinho, o teste do olhinho, o teste do coraçãozinho, o teste da linguinha e o teste da orelhinha.

Cada um desses testes de prevenção busca avaliar aspectos que venham identificar algum fator que possa comprometer a saúde da criança. O teste da linguinha, por exemplo, avalia a existência de alguma alteração na estrutura da língua da criança, como a anquiloglossia. Segundo Hong *et al.* (2010), a anquiloglossia, ou língua presa, refere-se

a um problema congênito caracterizado por uma anomalia no frênulo lingual que pode limitar a movimentação da língua.

Essa limitação pode causar problemas para sugar, engolir, e posteriormente mastigar e falar. Em bebês pode causar cansaço para mamar, fazendo com que deixem a amamentação materna precocemente. Segundo Sethi *et al.* (2013), anquiloglossia é uma anomalia congênita caracterizada pelo frênulo lingual curto e fibroso no qual pode restringir a movimentação da língua e, com isso, causar dificuldades na amamentação em recém-nascidos.

Na realização do teste da linguinha vários dados são coletados. Um fator importante a ser observado é a natureza e a forma como esses dados são processados (de forma manual em prontuários de papel) e como se dá o seu armazenamento (empilhados em gavetas em determinado espaço físico), fatores que implicam diretamente na disponibilidade, dificultando o acesso às informações e ao desenvolvimento de pesquisas sobre o caso.

É possível utilizar sistemas computacionais para dar suporte e auxiliar os profissionais de saúde em ambientes hospitalares. Esses sistemas tornam-se ainda mais poderosos se aplicados em conjunto com técnicas inteligentes, tais como lógica fuzzy, redes neurais artificiais, redes Bayesianas, entre outros. Segundo Al-Shayea (2011), redes neurais artificiais estão encontrando várias utilidades em aplicações médicas de diagnóstico.

Módulos móveis inteligentes de cuidados neonatais, conforme visto em Santos *et al.* (2014), podem apresentar benefícios para o desenvolvimento do processo, tais como: registro dos dados de forma móvel, fornecimento de alertas, dicas e pré-diagnóstico, de modo a auxiliar os profissionais de saúde na tomada de decisão.

Diante das dificuldades de armazenamentos, inerentes ao acompanhamento e execução do teste da linguinha, bem como, o desenvolvimento de métodos para o pré-diagnóstico, a utilização de técnicas baseadas em sistemas inteligentes é essencial, por entender que estas, quando utilizadas em conjunto, podem colaborar na obtenção dos bons resultados dos diagnósticos.

Dessa forma, este trabalho de dissertação apresenta o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão na realização e no acompanhamento do teste da linguinha, utilizando redes neurais artificiais e redes Bayesianas. Com efeito, a utilização de técnicas inteligentes na execução do teste faz com que os dados gerados sejam processados de forma automática e, assim, possam inferir automaticamente um pré-diagnóstico e gerar alertas em situações fora do padrão, disponibilizando-os para os profissionais de saúde.

Este trabalho de dissertação encontra-se assim organizado: o capítulo dois descreve a base teórica necessária ao desenvolvimento deste estudo, abordando os principais conceitos da triagem neonatal, da telemedicina e da inteligência computacional e dos trabalhos relacionados. No capítulo três é apresentado o desenvolvimento do sistema inteligente

para o apoio a decisão na realização e acompanhamento do teste da linguinha, objeto de estudo desta dissertação de mestrado. O capítulo quatro descreve o desenvolvimento do sistema de apoio à decisão na realização e no acompanhamento do teste da linguinha. O capítulo cinco apresenta a validação e os resultados desta pesquisa. Por fim, no capítulo seis, as conclusões são apresentadas, bem como as perspectivas para trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

Para um melhor entendimento deste trabalho é importante compreender as definições de *E-Health*, sistemas inteligentes e triagem neonatal.

2.1 *E-Health*

E-Health (*Electronic Health*) pode ser compreendido como a utilização de meios eletrônicos e tecnológicos para dar suporte em atividades que tem como objetivo o cuidado com a melhoria da saúde, incluindo serviços de saúde, vigilância em saúde, literatura em saúde e educação em saúde. Possui o potencial de melhorar significativamente o desempenho dos serviços de saúde, expandindo ou ampliando a entrega de tratamento a pacientes e melhorar os resultados finais. A Figura 1 ilustra exemplos de utilização do *E-Health*.



Figura 1 – Exemplo de tecnologias sendo utilizadas na área da saúde.

Fonte: Miranda *et al.* (2005)

Para Pagliare *et al.* (2005), *E-Health* é um campo emergente de informática médica, referindo-se à organização e prestação de serviços de saúde e informações usando a Internet e tecnologias relacionadas. Num sentido mais amplo, o termo caracteriza não apenas um desenvolvimento técnico, mas também uma nova forma de trabalho, uma atitude e um

compromisso para a rede de pensamento global, para melhorar os cuidados de saúde aos níveis locais, regional e mundial, utilizando tecnologias de informação e comunicação.

2.1.1 *M-Health*

M-Health (*Mobile Health*) é um componente do *E-Health*. Até o momento, nenhuma definição padronizada de *M-Health* foi estabelecida. Para fins de pesquisa, o Observatório Global para *E-Health*, do inglês *Global Observatory for E-Health* (GOE), definiu *M-Health*, ou saúde móvel, como prática médica e de saúde pública suportado por dispositivos móveis, tais como aparelhos celulares, *tablets*, dispositivos para o monitoramento de pacientes, assistentes digitais pessoais (do inglês, *Personal Digital Assistant* - PDA), e outros dispositivos do gênero.

M-Health envolve o uso de um núcleo telemóvel de mensagens de voz e de curto serviço, assim como as funcionalidades e aplicações, incluindo os mais complexos Serviços de Rádio de Pacotes Gerais (do inglês, *General Packet Radio Service* - GPRS), terceira e quarta geração de telecomunicações móveis (sistemas 3G e 4G), Sistema Global de Posicionamento (do inglês, *Global Positioning System* - GPS), *wireless* e tecnologia *Bluetooth* (WHO, 2011).

WHO (2011) afirma que *M-Health* e *E-Health* estão amplamente ligadas e são usadas para melhorar os resultados de saúde e suas tecnologias trabalhando em conjunto. Por exemplo, muitas iniciativas de saúde *online* envolvem digitalização de registros de pacientes e criação de uma espinha dorsal eletrônica que idealmente irá padronizar o acesso aos dados do paciente dentro de um sistema nacional. Programas *M-Health* podem servir como ponto de acesso para inserção de dados do paciente nos sistemas nacionais de informação em saúde, e como ferramentas de informação remotos que fornecem informações para clínicas, prestadores domésticos e outros trabalhadores do campo. Embora existam muitos programas *M-Health* autônomos, é importante observar que a oportunidade *M-Health* apresenta fortalecimento de iniciativas *E-Health* em linhas mais amplas.

O interesse no campo da *M-Health*, pode ser atribuído à evolução de várias tendências inter-relacionadas. Em várias partes do mundo, epidemias e escassez de profissionais de saúde continuam a apresentar desafios graves para os governos e prestadores de serviços à saúde. No entanto, nesses mesmos lugares, o crescimento ascendente das comunicações móveis, ao longo das últimas décadas, vem oferecendo novas esperanças no sentido de promover maior qualidade da saúde. Entre aqueles que tinham sido anteriormente deixados para trás pela divisão digital, bilhões de pessoas passaram a ter acesso à tecnologia confiável (CONSULTING, 2009).

Quando se fala na prestação de cuidados em saúde, todos os recursos que possam vir a contribuir para o seu desenvolvimento são bem vindos. Dispositivos de informações, tais como aparelhos celulares podem ser de grande ajuda na prestação de cuidados em

saúde de várias formas. Eles podem apoiar um profissional de saúde na execução de tarefas clínicas em que o médico não esteja presente e podem, por exemplo, ajudar a manter o controle de pacientes em programas de HIV, onde a taxa de perda (pacientes que abandonam o tratamento) pode ser tão alta, chegando a atingir 76% (BLAYA *et al.*, 2010).

Segundo Gomes *et al.* (2012), a telemedicina é a tecnologia a serviço da prática médica. Apesar da telemedicina já ser uma realidade nas mais diversas áreas de especialização em assistência à saúde, em vários países, porém, ainda é considerada uma novidade para outros, a exemplo do Brasil. Calcula-se que, anualmente, 20 bilhões de dólares estão sendo investido no mundo em telemedicina. Atualmente, é a especialidade que mais cresce em medicina. É importante ressaltar que na telemedicina, ao invés do paciente deslocar-se, é a informação que viaja a velocidade da luz, a qualquer hora e em qualquer lugar do mundo.

Gomes *et al.* (2012) aponta ainda outras vantagens na utilização da telemedicina, a saber:

- faculta acesso 24 horas por dia, ao doente, a informações e cuidados médicos, qualquer que seja o local em que ele (o doente) se encontre;
- faculta acesso 24 horas por dia, ao médico, a dados sobre o doente, qualquer que seja o local em que este se encontre (tele acompanhamento de doentes);
- formação contínua dos profissionais de saúde, qualquer que seja o local em que se encontrem;
- diminuição das lacunas em especialidade médicas locais;
- consulta entre colegas fisicamente distantes;
- diminuição das despesas de saúde;
- acesso simultâneo à mesma informação em vários locais.

2.2 Sistemas Inteligentes

Diante da globalização, da revolução tecnológica, do acesso rápido às informações e serviços e do gerenciamento eficaz, somados aos avanços da computação distribuída, da inteligência computacional e da evolução dos meios de comunicação, a exemplo da internet, as organizações começaram a exigir cada vez mais o desenvolvimento de sistemas computacionais inteligentes (LEITE, 2011). Tais sistemas, capazes de romper com os antigos processos, agregam valores, provendo vantagens no uso dessas novas tecnologias.

Os Sistemas Inteligentes são bastante úteis e importantes, uma vez que possibilitam o uso do conhecimento para tarefas ou para a resolução de problemas, além de apresentarem a capacidade de realizar associações e inferências para trabalhar com problemas complexos que se assemelham a problemas reais (REZENDE, 2003).

2.2.1 Redes Neurais Artificiais

As pesquisas com Rede Neural Artificial (RNA) têm desde o início a sua motivação pelo reconhecimento de que o cérebro humano processa informações de uma forma diferente do computador digital convencional. O cérebro é um sistema de processamento de informação altamente complexo, não linear e paralelo (HAYKIN, 2001). Dessa forma, uma RNA, terminologia genérica que abrange grande quantidade de arquiteturas e paradigmas, tem por objetivo compreender o funcionamento do cérebro humano e, de alguma forma, tentar reproduzi-lo.

As RNA são modelos computacionais com características particulares tais como, habilidade para aprender, classificar e modelar dados. Elas aparentam ser uma solução atrativa, uma vez que a sua configuração interna e o paralelismo natural inerente para essas arquiteturas de rede possibilitam um desempenho maior do que nos modelos convencionais (HARKOUSS *et al.*, 2011).

Rede Neural Artificial é uma ferramenta poderosa para ajudar os médicos a analisar, modelar e esclarecer dados clínicos complexos através de uma ampla gama de aplicações (AL-SHAYEA, 2011).

A habilidade de aprender por meio de exemplos e de generalizar a informação aprendida representam um atrativo essencial para a solução de problemas através da RNA. A generalização, que está associada à aptidão da rede de aprender, é uma demonstração de que a capacidade das RNA vai muito além do que mapear relações de entrada e saída. RNA são capazes de extrair informações não apresentadas de forma explícita por meio de exemplos durante o treinamento.

Segundo Bittencourt (2006), outras principais características que tornam as RNA atraentes para a solução de problemas são:

- o bom desempenho em tarefas mal definidas (aquelas nas quais faltam conhecimentos explícitos sobre como encontrar uma solução);
- não requerem conhecimento de eventuais modelos matemáticos dos domínios de aplicação;
- a elevada imunidade ao ruído, isto é, apesar de piorar gradativamente, o desempenho das redes não entram em crise na presença de informações falsas ou ausentes, como é o caso de programas convencionais.

A maioria das aplicações médicas de redes neurais artificiais volta-se a problemas de classificação, ou seja, a tarefa é analisar um conjunto de recursos mensuráveis para associar o paciente a um dos elementos de um pequeno conjunto de classes (DYBOWSKI; GANT, 2007).

As RNA são sistemas paralelos de processamento, compostos por unidades de processamento (neurônios) e calculam determinadas funções matemáticas (normalmente não lineares)(HAYKIN, 2001). Geralmente, essas unidades encontram-se interligadas por canais de transmissão com um determinado peso e fazem operações sobre as entradas recebidas pelas suas conexões. O comportamento inteligente de uma RNA advém das interações entre as várias unidades de processamento da rede (PORTELINHA, 2006).

Entre os inúmeros modelos de redes neurais propostos ao longo dos anos, todos compartilham um bloco comum, constituídos por um neurônio e uma estrutura de rede para interconexão. O modelo de neurônio mais utilizado, ilustrado na Figura 2, é baseado no trabalho de McCulloch e Pitts (HU; HWANG, 2002).

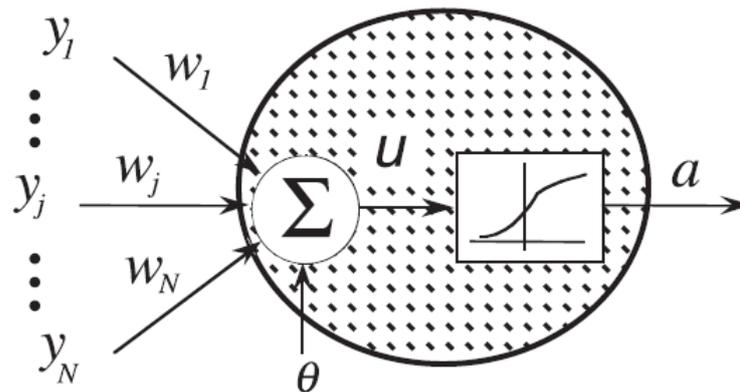


Figura 2 – Modelo de neurônio de McCulloch e Pitts.

Fonte: Hu e Hwang (2002)

Cada neurônio consiste em duas partes: a função de rede e a função de ativação. A função de rede determina o modo como as entradas de rede são combinadas dentro do neurônio. Por sua vez, a função de ativação de um nó define a saída de acordo com o conjunto de entradas.

Numa rede neural, vários neurônios estão conectados com o intuito de distribuir a tarefa computacional. Pode ser representada por um grafo direcionado onde, os nós são representados pelos neurônios e os arcos direcionados são as ligações entre eles.

A saída de um neurônio pode servir como entrada para os neurônios da camada seguinte. Em algumas redes, os neurônios da camada de entrada estão diretamente ligados aos neurônios de saída. Em outras, existem pelo menos uma camada escondida entre as camadas de entrada e de saída.

A rede de multicamadas é de longe o paradigma mais conhecido e o mais popular entre as redes neurais (HU; HWANG, 2002). A rede multicamadas possui este nome pelo fato desse tipo de rede possuir pelo menos uma camada escondida além da camada de saída (geralmente não se considera a camada de entrada pelo fato de não haver nenhum tipo de processamento nesta parte).

Entre os algoritmos de aprendizagem, um dos mais conhecidos e utilizado é o chamado *backpropagation*. O algoritmo de aprendizado *backpropagation* é um algoritmo iterativo, descendente para otimizar o peso das ligações da rede e minimizar o erro quadrático médio entre a saída atual da rede e a saída ideal desejada (TAKIZAWA *et al.*, 2009).

2.2.2 Redes Bayesianas

Uma rede Bayesiana é a representação gráfica de um conjunto de distribuições probabilísticas, relações probabilísticas codificadas através de um conjunto de variáveis de uma forma eficiente (SUN; ERATH, 2015).

Conforme o exemplo da Figura 3, a rede é um grafo acíclico direcionado, composto de nós e arcos. Os nós representam variáveis aleatórias e os arcos direcionados entre os nós representam dependências entre eles (BOUDALI; DUGAN, 2004).

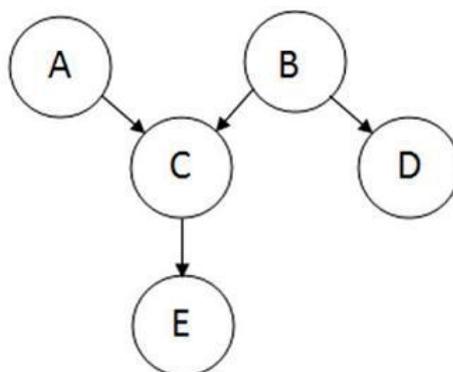


Figura 3 – Exemplo de rede.

Fonte: Hebert *et al.* (2007)

As redes Bayesianas originaram-se no campo da inteligência artificial, onde eram utilizadas como um *framework* robusto e eficiente para o raciocínio de informações duvidosas (LANGSETH; PORTINALE, 2007).

Segundo Marquez *et al.* (2010), uma rede bayesiana consiste de dois elementos principais:

- qualitativo: este se dá por um grafo acíclico direcionado, com nós representando variáveis aleatórias, que podem ser discretas ou contínuas, e podem ou não ser observáveis, e arcos direcionados (de pai para filho) representando relacionamentos casuais ou influenciasais entre variáveis.
- quantitativo: distribuições condicionais probabilísticas, que definem o relacionamento probabilístico de cada nó de acordo com o seu respectivo pai. Nós sem pais, chamado nós raiz, são descritos de acordo com suas distribuições de probabilidade marginais.

São usadas em aplicações de diversas áreas, tais como: aprendizagem de máquina; mineração de texto; processamento de linguagem; reconhecimento de fala; processamento de sinais; bioinformática; códigos para controle de erro; diagnóstico médico; previsão do tempo; e redes de celular (BEN-GAL, 2007).

Um recurso importante que as tornam atraentes é a possibilidade de combinar informações de diferentes fontes para gerar uma avaliação global segura (LANGSETH; PORTINALE, 2007).

Redes Bayesianas provaram ser uma ferramenta de formalismo poderosa para expressar dependências complexas entre variáveis aleatórias (BOUDALI; DUGAN, 2004).

2.3 Triagem Neonatal

Segundo a Sociedade Brasileira de Triagem Neonatal (2014), a triagem neonatal é uma ação preventiva que permite o diagnóstico de diversas doenças congênitas ou infecciosas, assintomáticas no período neonatal, a tempo de interferir no curso da doença, permitindo, dessa forma, a realização do tratamento precoce específico, bem como, a diminuição ou eliminação de sequelas associadas a cada doença. Atualmente a triagem é composta por cinco testes: o teste do pezinho, o teste do olhinho, o teste da orelhinha, o teste do coraçãozinho e o teste da linguinha.

2.3.1 Teste do Pezinho

O teste do pezinho é o teste da triagem neonatal responsável por detectar doenças identificadas por amostras de sangue. É obrigatório em todo o território nacional, direito assegurado pela lei 8069/90 (BRASIL, 1990). Possui este nome porque a amostra do sangue geralmente é retirada do pé do recém-nascido. Tem por objetivo detectar precocemente doenças congênitas que, se adequadamente tratadas, evitam sequelas graves e permanentes, como a deficiência mental. Conforme ilustrado na Figura 4, trata-se de um exame laboratorial que consiste na punção do calcanhar do bebê para a obtenção de amostras de sangue colhidas em papel filtro (SALLES, 2009).



Figura 4 – Coleta de amostra de sangue para o teste do pezinho.

Fonte: ESGov (2015)

Essa amostra é utilizada para testar se o recém-nascido possui alguma doença. Entre as doenças verificadas estão:

- Fenilcetonúria - doença que faz com que o bebê seja incapaz de quebrar um aminoácido chamado fenilalanina, responsável pela pigmentação da pele e do cabelo. Também pode causar atraso mental, convulsões, tremores, erupções cutâneas, entre outros. A fenilcetonúria é diagnosticada de acordo com a quantidade de fenilalanina na amostra coletada;
- Hipotireoidismo congênito - doença que faz com que a glândula tireóide do bebê falhe ao produzir as quantidade certas de hormônios tireoidianos. Sintomas incluem pele e olhos amarelados, hérnia umbilical, dificuldade na alimentação, problemas no desenvolvimento ósseo, entre outros. É uma doença diagnosticada de acordo com a quantidade de tirotrófina na amostra que não tem cura, mas pode ter seus efeitos amenizados se submetido ao tratamento adequado;
- Anemia falciforme - doença que faz com que o recém-nascido apresente alteração nos glóbulos vermelhos do sangue. Estes apresentam forma diferenciada (foice) e quebram com uma certa facilidade, prejudicando o transporte de oxigênio e com isso a saúde dos órgãos do corpo. O diagnóstico da anemia falciforme é realizado verificando-se o formato dos glóbulos vermelhos na amostra;
- Fibrose cística - doença hereditária que afeta pulmões, pâncreas, fígado e intestino, causando acúmulo de muco. Entre os sintomas estão: atraso no crescimento, náusea, dor no abdome, febre, problemas respiratórios, fadiga, tosse, entre outros. O diagnóstico da fibrose cística é definido de acordo com a presença ou não de alteração no gene específico, presente na amostra coletada;

- Hiperplasia adrenal congênita - doença que faz com que as glândulas adrenais falhem em produzir as quantidades corretas de hormônios. Sintomas incluem sinais prematuros da puberdade, problemas de pressão arterial, dificuldades para engravidar, nível baixo de açúcar no sangue, entre outros. O diagnóstico é feito de acordo com a dosagem do esteróide 17 hidroxiprogesterona da amostra;
- Deficiência da biotinidase - doença que faz com que o organismo tenha dificuldade em obter a vitamina biotina. A ausência dessa vitamina pode provocar convulsões, problemas de visão, problemas respiratórios, perda de audição, perda de cabelo, problemas de audição, entre outros. O diagnóstico é definido de acordo com a quantidade de biotina na amostra.

Se o resultado de algum dos testes for positivo, a criança deve ser submetida ao tratamento específico.

2.3.2 Teste do Olhinho

O teste do olhinho é o teste da triagem neonatal responsável por verificar a chegada de luz na retina do recém-nascido. Uma das formas de se detectar alterações visuais, que podem passar despercebidas pela equipe de saúde responsável pelos cuidados ao recém-nascido, é a prática do teste do reflexo vermelho ou teste do reflexo de Bruckner, também conhecido por teste do olhinho. O objetivo desse teste é avaliar se existe algum obstáculo à chegada da luz até a retina. (AGUIA *et al.*, 2007).

O teste consiste em emitir uma luz em direção aos olhos da criança e observar (geralmente com a ajuda de oftalmoscópio) o seu reflexo. Olhos saudáveis emitem um reflexo nítido de cor avermelhada (daí o nome). Caso o reflexo apresente uma coloração diferente, esteja sendo refletida de forma duvidosa ou não seja possível visualizar o reflexo, a criança é encaminhada a um oftalmologista para que este identifique o que está obstruindo a passagem da luz, a fim de que a criança possa receber o devido tratamento. A Figura 5 ilustra o reflexo observado no teste.



Figura 5 – Reflexo observado no teste do olhinho.

Fonte: Hospital CEMA (2014)

Pode-se observar na imagem que o reflexo é bem nítido no olho esquerdo indicando que está tudo bem. Porém, no olho direito, não é possível visualizar o reflexo, o que indica que há algo obstruindo a passagem da luz.

2.3.3 Teste da Orelhinha

O teste da orelhinha é o teste da triagem neonatal responsável por verificar as condições auditivas do recém-nascido.

A Academia Americana de Pediatria recomenda a utilização de métodos eletrofisiológicos nos programas de triagem auditiva neonatal (teste da orelhinha) como o Potencial Evocado Auditivo de Tronco Encefálico - PEATE e as Emissões Otoacústicas Evocadas - EOAÉ. O PEATE avalia a integridade neural das vias auditivas até o tronco cerebral, por meio do registro das ondas eletrofisiológicas, geradas em resposta a um som apresentado e captado por eletrodos de superfície colocados na cabeça. As EOAÉ registram a energia sonora gerada pelas células ciliadas da cóclea, em resposta aos sons apresentados e gravados por microfone miniaturizado colocado no conduto auditivo externo (ZOCOLI *et al.*, 2006).

No Brasil, utiliza-se o método EOAÉ, ilustrado na Figura 6, para o teste da orelhinha que passou a ser obrigatório desde 2010, direito assegurado pela lei 12.303 (BRASIL, 2010).



Figura 6 – Teste da orelhinha realizado pelo método EOAÉ.

Fonte: SaudeNoAr (2015)

2.3.4 Teste do Coraçãozinho

O teste da oximetria de pulso, ou teste do coraçãozinho, é o teste da triagem neonatal responsável por verificar os batimentos cardíacos e o nível de saturação de oxigênio no sangue do recém-nascido.

Esse teste permite identificar precocemente se o bebê tem alguma doença grave no coração e, em caso positivo, o paciente é submetido ao exame de ecocardiograma para confirmar o diagnóstico. O procedimento é simples, rápido e indolor. Consiste em medir a

oxigenação do sangue e os batimentos cardíacos do recém-nascido com o auxílio de um oxímetro - espécie de pulseirinha - instalado nos primeiros dias de vida no pulso e no pé (Portal Brasil, 2014).

O procedimento para o teste do coraçãozinho é definido de acordo com o diagrama da Figura 7.

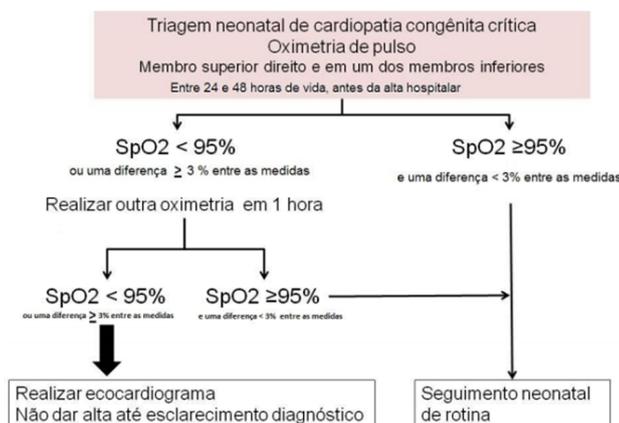


Figura 7 – Procedimento para o teste do coraçãozinho.

Fonte: Departamento de Cardiologia e Neonatologia da SBP (2011)

Caso a saturação de oxigênio no sangue (SpO₂) seja maior que 95% e a diferença entre as medidas do membro superior direito e inferior seja menor 3%, o recém-nascido segue o procedimento normal de rotina. Se pelo menos uma dessas condições falhar, o teste é refeito após 1 hora e se persistir é realizado um eletrocardiograma.

2.3.5 Teste da Linguinha

O protocolo de avaliação do frênulo da língua, ou teste da linguinha, é o teste da triagem neonatal responsável por verificar se o recém-nascido consegue movimentar a língua de forma adequada.

Os benefícios da amamentação são reconhecidos no mundo todo. De acordo com Brookes e Bowley (2014), o reconhecimento dos benefícios da amamentação para a criança e a sua mãe e a valorização das implicações financeiras do uso de mamadeira, tem gerado uma promoção mundial direcionada ao aleitamento materno.

Bebês com problema na língua podem apresentar problemas na amamentação, afetando tanto o bebê quanto a mãe. Os problemas mais percebidos incluem dificuldades na pegada (incluindo sinais de frustração como chacoalhar a cabeça), dor no peito materno (incluindo hemorragias, mamilos rachados ou ulcerados) e sinais de insatisfação por parte do bebê, por exemplo, a amamentação frequente ou contínua, geralmente com agitação (BROOKES; BOWLEY, 2014).

Segundo Martinelli *et al.* (2013), o frênulo é uma prega de membrana mucosa situada na parte inferior da língua que pode limitar os movimentos da mesma. A Figura 8 exemplifica os frênulos que podem estar prejudicando a movimentação da língua em bebês.



Figura 8 – Frênulo da língua em bebês.

Fonte: Martinelli *et al.* (2013)

O teste da linguinha é uma técnica pioneira, desenvolvida no Brasil pela fonoaudióloga Roberta Martinelli, para diagnóstico das alterações do frênulo lingual em bebês, popularmente conhecida como língua presa. Tem por objetivos diagnosticar e tratar precocemente as limitações dos movimentos da língua, causadas pela língua presa que podem comprometer as funções linguais: sugar, engolir, mastigar e falar (CAMPOS *et al.*, 2013).

Segundo O'Callahan *et al.* (2013), a anquiloglossia, ou língua presa, refere-se ao tecido frenular sublingual excessivo, resultante da separação incompleta da língua do assoalho da boca durante a embriogênese. A incidência de língua presa é relatada como sendo entre 1,9 e 4,8%, com uma prevalência maior em homens do que em mulheres, com uma taxa de 2,6 para 1 (GLYNN *et al.*, 2012). Se confirmada a alteração no frênulo, o recém-nascido é submetido à frenectomia (cirurgia de correção para este caso).

Diagnosticar alterações do frênulo pode ser difícil pelo fato de o avaliador precisar conhecer, de modo bastante aprofundado, a anatomia da língua, assim como os diferentes aspectos do frênulo e das regiões adjacentes, a fim de que possa diferenciar normalidade de alteração (MARCHESAN, 2010).

A aplicação do teste da linguinha nas maternidades do Brasil tornou-se uma medida obrigatória, assegurada pela lei 13.002/14 (BRASIL, 2014). Conforme se observa no Anexo I, o teste consiste em avaliar uma série de fatores que irão determinar se a criança deve ou não ser submetida à cirurgia. O resultado resulta de uma pontuação atribuída ao final do teste.

Como é possível observar na Figura 9, primeiramente é feito o registro da história clínica do bebê, onde, além de informações de identificação (nome, data de nascimento, idade, gênero, nome da mãe, nome do pai, endereço, bairro, cidade, estado, CEP, número,

telefones e endereço eletrônico), também é questionado a presença de algum caso do problema na família que, se confirmado, acrescenta 1 ponto ao resultado da avaliação.

Nome: _____
Data do Exame: ___/___/___ DN: ___/___/___ Idade: ____ Gênero: M () F ()
Nome da mãe: _____
Nome do pai: _____
Endereço: _____ n°: _____
Bairro: _____ Cidade/Estado: _____ CEP: _____
Fones: residencial: () _____ trabalho: () _____ celular: () _____
Endereço eletrônico: _____

<p>Antecedentes Familiares (investigar se existem casos na família com alteração de frênulo da língua) () não (0) () sim (1) Quem e qual o problema: _____</p> <p>Problemas de Saúde () não () sim Quais: _____</p>
--

Figura 9 – Parte do protocolo destinada a identificação e antecedentes.

No registro da história clínica do bebê, é questionado, também, o modo como ocorre à amamentação (ilustrada na Figura 10). Primeiro é verificado o intervalo entre as mamadas, se for de uma hora ou menos, acrescenta-se dois pontos ao resultado. Se o bebê apresenta cansaço ao mamar, ou seja, se ele mama um pouco e dorme ou costuma soltar o mamilo durante a amamentação, acrescenta-se um ponto para cada característica afirmativa. Para encerrar a avaliação da amamentação e, com isso, a história clínica, é questionado se o bebê morde o mamilo durante a amamentação, sendo acrescentados dois pontos em caso positivo.

Amamentação:			
- intervalo entre as mamadas:	() 2h ou mais (0)	() 1h ou menos (2)	
- cansaço para mamar?	() não (0)	() sim (1)	
- mama um pouquinho e dorme?	() não (0)	() sim (1)	
- vai soltando o mamilo?	() não (0)	() sim (1)	
- morde o mamilo?	() não (0)	() sim (2)	
Total da história clínica: Melhor resultado= 0 Pior resultado= 8			

Figura 10 – Parte do protocolo destinada a amamentação.

Se o resultado da história clínica for igual ou maior que quatro pontos, pode-se considerar que a movimentação da língua esta sendo prejudicada pelo frênulo.

A segunda parte do teste consiste na avaliação do exame clínico. Inicialmente, é feita a avaliação anatomofuncional, na qual é verificada a postura dos lábios em repouso (ilustrada na Figura 11) do bebê. Neste quesito, é somado um ponto ao resultado, caso os lábios estejam abertos ou entreabertos.

1. Postura de lábios em repouso



Figura 11 – Parte do protocolo destinada a postura dos lábios em repouso.

Conforme ilustrado na Figura 12, em seguida, é verificado a tendência do posicionamento da língua durante o choro, sendo acrescentados dois pontos ao resultado, caso a língua permaneça na linha média (ou a ponta abaixada), apresentando elevações nas laterais.

2. Tendência do posicionamento da língua durante o choro



Figura 12 – Parte do protocolo destinada a tendência do posicionamento da língua durante o choro.

O terceiro ponto avaliado (ilustrado na Figura 13) no exame clínico é o formato da ponta da língua, quando elevada durante o choro ou manobra de elevação. Nesse quesito,

acrescenta-se ao resultado dois pontos, caso a língua apresente uma ligeira fenda no ápice e três pontos, caso a ponta da língua apresente formato de “coração”.

3. Forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação



Figura 13 – Parte do protocolo destinada ao formato da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação.

Se o resultado desses três itens do exame clínico for maior ou igual a quatro pontos, pode-se considerar que a movimentação da língua esta sendo prejudicada pelo frênulo. O quarto item do exame clínico busca avaliar o próprio frênulo da língua, portanto, é necessário que este esteja visível.

Caso seja possível visualizar o frênulo da língua do bebê, primeiro é verificado a sua espessura e, como é possível observar na Figura 14, somados dois pontos ao resultado, caso este encontre-se espesso.

4.1. Espessura do frênulo

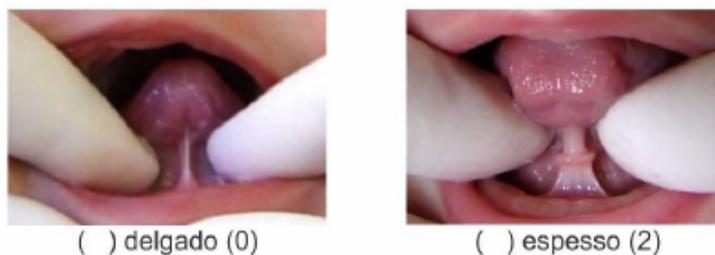


Figura 14 – Parte do protocolo destinada a espessura do frênulo.

Em seguida, conforme ilustrado na Figura 15, verifica-se como é a sua fixação na face ventral da língua, somados três pontos ao resultado, caso encontre-se no ápice ou dois pontos se estiver entre o ápice e o terço médio. Na sequência, é verificada a fixação do frênulo no assoalho da boca, acrescentando um ponto ao resultado, caso essa fixação seja visível a partir da crista alveolar inferior.

4.2. Fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua



Figura 15 – Parte do protocolo destinada a fixação do frênulo na parte ventral da língua.

Pode-se considerar a interferência do frênulo na movimentação da língua quando o resultado deste último item for maior ou igual a três ou quando o resultado total do exame clínico até então for maior ou igual a sete.

A última parte do exame clínico e do teste como um todo consiste na avaliação da sucção nutritiva e não nutritiva. Como é possível observar na Figura 16, primeiramente, o profissional responsável coloca o dedo mínimo (enluvado) na boca do bebê para verificar a movimentação da língua e, caso perceba uma movimentação inadequada, é acrescentado um ponto ao resultado do exame.

1. Sucção não nutritiva (sucção do dedo mínimo enluvado)

1.1. Movimento da língua

- () adequado: anteriorização de língua, movimentos coordenados e sucção eficiente (0)
- () inadequado: anteriorização de língua limitada, movimentos incoordenados e atraso para início da sucção (1)

Figura 16 – Parte do protocolo destinada ao movimento da língua.

Em seguida observa-se o recém-nascido mamando. Como é possível observar na Figura 17, a primeira característica verificada é o ritmo da sucção. Se este consiste em poucas sucções com pausas longas é acrescentado um ponto ao resultado. Depois, observa-se a coordenação entre sucção/deglutição/respiração e soma-se um ponto ao resultado se esta for avaliada como inadequada. Por fim, caso conste que o bebê morde o mamilo ou apresente estalos de língua durante a sucção é acrescentado um ponto ao resultado.

2.1. Ritmo da sucção (observar grupos de sucção e pausas)

- () várias sucções seguidas com pausas curtas (0)
- () poucas sucções com pausas longas (1)

2.2. Coordenação entre sucção/deglutição/respiração

- () adequada (0) (equilíbrio entre a eficiência alimentar e as funções de sucção, deglutição e respiração, sem sinais de estresse)
- () inadequada (1) (tosse, engasgos, dispneia, regurgitação, soluço, ruídos na deglutição)

2.3. “Morde” o mamilo

- () não (0)
- () sim (1)

2.4. Estalos de língua durante a sucção

- () não (0)
- () sim (1)

Figura 17 – Parte do protocolo destinada ao ritmo da sucção, coordenação, se morde o mamilo ou apresenta estalos de língua.

Pode-se considerar a interferência do frênulo na movimentação da língua quando a última parte do exame clínico apresentar: resultado igual ou maior que dois; quando o resultado total do exame clínico for igual ou maior que nove; ou quando o resultado total do teste for maior ou igual a treze.

2.4 Trabalhos Relacionados

Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que visam o desenvolvimento de soluções tecnológicas para dar suporte aos cuidados com recém-nascidos.

Em Burton *et al.* (2013) foi analisada a viabilidade de utilizar escaneamento ultrassom 3D para visualizar os movimentos da língua e se os movimentos peristálticos da língua podem ser demonstrados durante a amamentação. Para isso, quinze crianças saudáveis entre duas semanas e quatro meses foram escaneadas durante a amamentação. Para tanto, foi utilizado um sistema em tempo real de ultrassom 3D. O método mostrou-se viável, com 72% dos conjuntos de dados bi-plano e 56% dos conjuntos de dados 3D em tempo real, fornecendo cobertura adequada [$> 75\%$] da língua infantil.

Ray *et al.* (2011) desenvolveram um sistema *web* baseado em uma arquitetura

multi-tier para realização de operações especiais e de rotina para Unidades de Cuidados Intensivos Neonatais (do inglês, *Neonatal Intensive Care Unit - NICU*). Este sistema dispõe de várias tarefas cujo objetivo é gerenciar as atividades nas NICU. O protótipo do sistema foi instalado no departamento de neonatologia do SSKM Hospital, Kolkata, Índia. O pessoal do hospital, incluindo médicos, enfermeiros, membros de laboratório e técnicos estão usando esse protótipo de forma regular.

Em Bouwstra *et al.* (2009) foi apresentado um equipamento para monitoramento neonatal. O equipamento, ilustrado na Figura 18, consiste de uma jaqueta inteligente composta por sensores que captam informações relacionadas à saúde do recém-nascido. A jaqueta inteligente visa fornecer um monitoramento da saúde de forma confiável, bem como um ambiente clínico confortável para o cuidado neonatal, bem como, a interação entre pais e filhos.



Figura 18 – Equipamento desenvolvido para monitoramento de recém-nascidos.

Fonte: Bouwstra *et al.* (2009)

Chen *et al.* (2011) apresentaram uma aplicação da tecnologia de sensores sem fio no cuidado neonatal e no monitoramento em UTI (Unidade de Terapia Intensiva) neonatal. Foram incorporados nos sistemas de sensores sem fios um leitor de eletrocardiograma e um módulo transceptor sem fio desenvolvido pelo IMEC, no Centro de Holst na Holanda. O sistema sem fio foi projetado para ser integrado de forma não invasiva em plataforma de monitoramento, como uma jaqueta neonatal inteligente, desenvolvida na Universidade de Tecnologia de Eindhoven.

Em Agarwal e Pandey (2012) foi proposta uma *interface* homem-máquina que utiliza *support vector machine* para classificar as condições de saúde dos recém-nascidos em NICUs, por meio de um índice prognóstico proposto no trabalho. Foram utilizadas técnicas de processamento, fusão e mineração de dados para classificar a condição de saúde dos recém-nascidos em alto risco, moderado, baixo risco ou ausência de risco, conforme ilustrado no grafo da Figura 19.

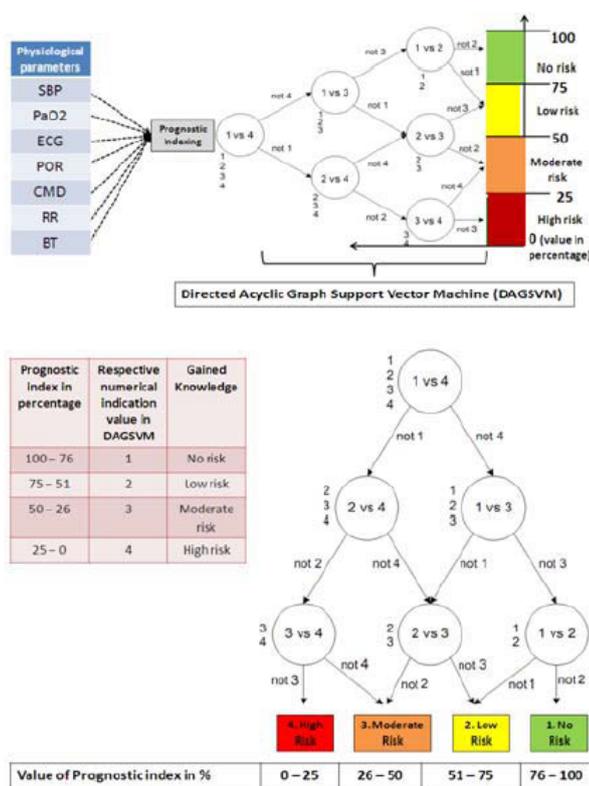


Figura 19 – Grafo de classificação da condição de saúde de recém-nascidos.

Fonte: Agarwal e Pandey (2012)

Em Chatterjee *et al.* (2013) foi desenvolvido um sistema de medição de temperatura remoto de baixo custo visando o cuidado neonatal. O sistema, ilustrado na Figura 20, baseado em fluorescência, evita o uso de adesivos na pele do recém-nascido e, assim, o risco de descamação da epiderme ou infecção microbiana. Um algoritmo minimalista usando soma e divisão de *pixels* para computar uma relação é apresentado adequado para a aplicação em um sistema embutido mínimo.

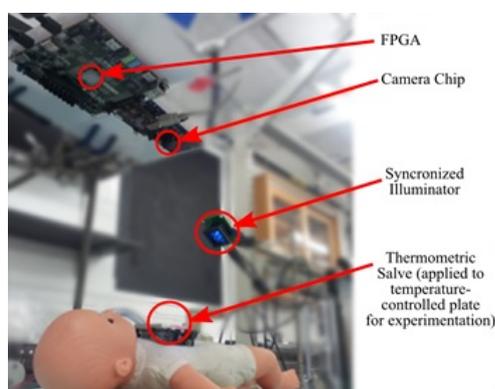


Figura 20 – Sistema para medir a temperatura de recém-nascidos.

Fonte: Chatterjee *et al.* (2013)

Em Sung *et al.* (2011) foi apresentada uma bomba de seringa para ser usada em hospitais com baixo recursos. Isso é possível devido à seringa ser de baixo custo, apresentar uma *interface* simples com o usuário e funcionar independente de energia elétrica, ao contrário das bombas de seringas tradicionais que possuem valor elevado e requerem técnicos treinados para o seu manuseio. Além disso, apresentou uma taxa de erro inferior a 15% nos testes e mostrou-se uma opção viável como método utilizado em terapia neonatal.

Em Bressan *et al.* (2012) foi apresentada uma pesquisa sobre os desafios, tendências e oportunidades para o apoio em tempo real à decisão clínica neonatal integrada. Foi utilizado o ambiente conhecido como Artemis, um sistema de apoio à decisão clínica que oferece suporte simultâneo multi-paciente, multi-diagnóstico, análise temporal multi-stream e aquisição de dados em tempo real, a partir de vários monitores dentro da UTI neonatal. Uma revisão dos dispositivos atuais utilizados na UTI neonatal e a prática mostraram o ambiente atual e as perspectivas futuras dos autores para o apoio à decisão clínica neonatal. O estudo demonstrou que o sistema Artemis será capaz de incorporar novos fluxos de dados a partir de bombas de infusão, monitores de eletrocardiogramas e monitores de oxigenação cerebral, inovando a prática e melhorando o suporte clínico.

Para uma melhor compreensão entre as áreas de atuação dos trabalhos relacionados citados, a Tabela 1 apresenta um comparativo entre algumas características destes trabalhos e o trabalho apresentado nesta dissertação: Pré-Diagnóstico (PD), Sem Fio (SF), Sistema Web (SW), Cuidado Neonatal (CN) e Registro de Dados (RD).

Tabela 1 – Comparação de características dos trabalhos.

	PD	SF	SW	CN	RD
Bouwstra <i>et al.</i> (2009)		⊗		⊗	
Ray <i>et al.</i> (2011)			⊗	⊗	
Chen <i>et al.</i> (2011)		⊗		⊗	⊗
Sung <i>et al.</i> (2011)				⊗	
Agarwal e Pandey (2012)	⊗			⊗	⊗
Bressan <i>et al.</i> (2012)	⊗			⊗	⊗
Chatterjee <i>et al.</i> (2013)				⊗	
Burton <i>et al.</i> (2013)				⊗	
Este trabalho	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗

Diante do exposto, este trabalho apresenta um sistema para auxiliar profissionais na realização e acompanhamento do teste da linguinha, permitindo o pré-diagnóstico e registro dos dados através de dispositivos móveis e navegadores *web*, contribuindo na obtenção de uma melhor qualidade de serviço na execução do teste e do cuidado neonatal de forma geral.

3 Sistema de apoio à decisão na realização e acompanhamento do teste da linguinha

3.1 Visão Geral

No desenvolvimento do sistema foram utilizadas técnicas de inteligência computacional visando o processamento e a classificação dos dados de entrada, bem como, a geração de informações úteis (pré-diagnósticos na forma de indicadores visuais).

Entre as principais características e funcionalidades apresentadas pelo sistema, tem-se: i) identificação e análise dos dados oriundos dos protocolos do teste da linguinha; ii) seleção dos dados oriundos dos protocolos do teste da linguinha a serem utilizados no processamento; iii) processamento dos dados oriundos dos protocolos do teste da linguinha; iv) geração de alertas e persistência das informações.

Foi desenvolvida uma rede neural artificial para o processamento dos dados. Os dados selecionados para servir como entrada para a rede neural foram aqueles que contabilizaram na pontuação final do teste realizado atualmente.

Com isso, tem-se que a entrada da RNA é composta pelos seguintes atributos: antecedentes familiares; intervalo entre as mamadas; cansaço para mamar; mama e dorme; soltando mamilo; morde mamilo na amamentação; postura dos lábios em repouso; tendência do posicionamento da língua durante o choro; a forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação; espessura do frênulo; fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua; fixação do frênulo no assoalho da boca; movimento da língua; ritmo da sucção; coordenação entre sucção/deglutição/respiração; morde o mamilo durante a sucção e estalos de língua durante a sucção.

O sistema funciona da seguinte forma:

- i. aquisição dos dados mediante o registro dos mesmos em uma das plataformas;
- ii. pré-processamento, no qual são realizadas a preparação (filtragem) e a seleção dos dados;
- iii. processamento dos dados e classificação do frênulo (alterado ou não alterado) através das técnicas de inteligência computacional;
- iv. pós-processamento, com as conclusões do processo inteligente e as recomendações ao profissional de saúde.

A Figura 21 permite visualizar de forma geral as etapas após a aquisição dos dados. As etapas são mais bem detalhadas a seguir.

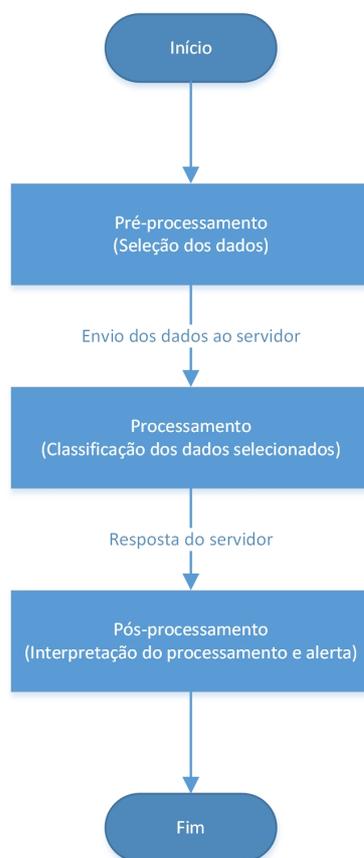


Figura 21 – Etapas do processamento.

O trabalho permitiu, entre outros:

- disponibilização de um módulo móvel inteligente para a aplicação do protocolo da linguinha, fornecendo pré-diagnóstico para auxiliar os profissionais de saúde;
- criação de uma RNA capaz de receber dados do sistema, processar os dados e retornar o resultado desse processamento;
- disponibilização do histórico de pacientes no contexto do protocolo referente ao teste da linguinha;
- criação de um banco de dados padrão ouro referente ao protocolo do teste da linguinha.

3.2 Etapas

O desenvolvimento do sistema foi realizado em quatro etapas, detalhadas nas próximas subseções: i) aquisição do conhecimento e aquisição dos dados; ii) pré-processamento

dos dados; iii) processamento dos dados; e iv) pós-processamento dos dados.

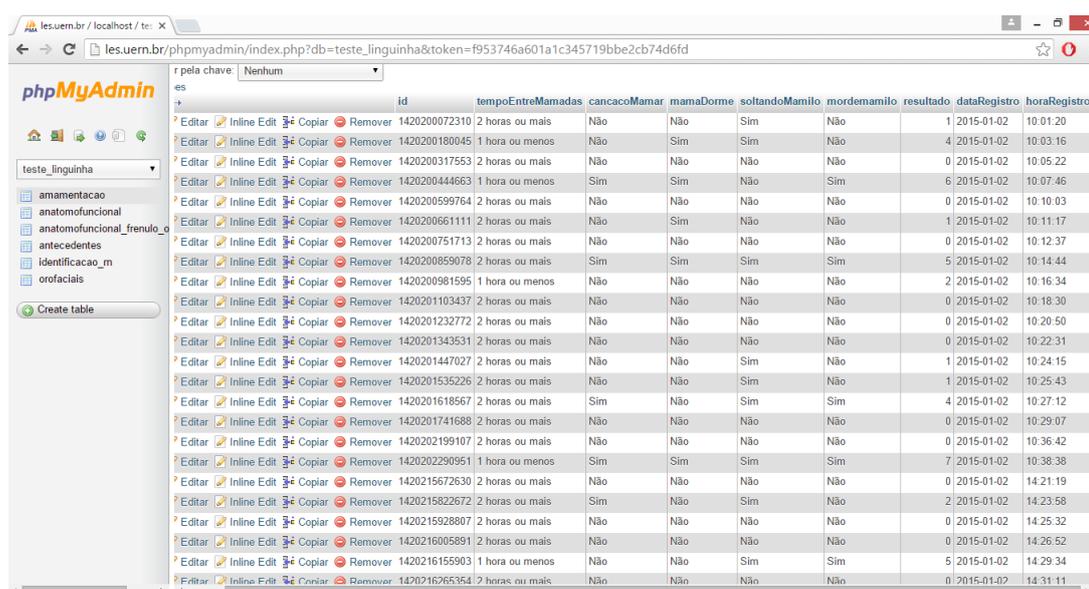
3.2.1 Aquisição do conhecimento e aquisição dos dados

O processo de aquisição do conhecimento foi realizado de três formas: estudo da literatura médica sobre o teste da linguinha e o processo de avaliação do mesmo; reuniões e discussões com profissionais da área que acompanharam o desenvolvimento deste trabalho e, por fim, extração e análise dos dados adquiridos durante o teste da linguinha nas consultas realizadas no Hospital Santa Therezinha - SP.

Os dados armazenados no banco de dados do sistema foram extraídos dos protocolos do teste da linguinha (apresentado no Anexo I), registrados durante as consultas realizadas no Hospital Santa Therezinha - SP, constituindo um conjunto de dados padrão ouro, ou seja, com confirmação de normalidade ou alteração do frênulo.

A base de dados foi gerada em 2015, contendo 186 registros de consultas dos participantes da pesquisa de diagnósticos conhecidos (sendo 148 com frênulo normal e 38 com frênulo alterado), cada registro contendo informações como antecedentes, dados da amamentação, dados anátomo funcionais e sucção não nutritiva e nutritiva.

O sistema foi disponibilizado para os profissionais de saúde do Hospital Santa Therezinha – SP responsáveis pelo teste da linguinha. Estes profissionais inseriram os dados dos protocolos no sistema, construindo, assim, a base de dados MYSQL que foi utilizada no desenvolvimento deste trabalho. O acesso e a manipulação desses dados podem ser feita por meio da aplicação desenvolvida e detalhada mais adiante ou por meio da própria ferramenta MYSQL, ilustrada na Figura 22.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a MySQL database. The table 'teste_linguinha' is selected, and its contents are displayed in a grid. The columns include 'id', 'tempoEntreMamadas', 'cancacoMamar', 'mamaDorme', 'soltandoMamilo', 'mordemamilo', 'resultado', 'dataRegistro', and 'horaRegistro'. Each row represents a record with various values for these fields, such as '2 horas ou mais', 'Não', 'Sim', 'Não', 'Sim', 'Não', and dates like '2015-01-02'.

	id	tempoEntreMamadas	cancacoMamar	mamaDorme	soltandoMamilo	mordemamilo	resultado	dataRegistro	horaRegistro
Editar	142020072310	2 horas ou mais	Não	Não	Sim	Não	1	2015-01-02	10:01:20
Editar	1420200180045	1 hora ou menos	Não	Sim	Sim	Não	4	2015-01-02	10:03:16
Editar	1420200317553	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:05:22
Editar	1420200444663	1 hora ou menos	Sim	Sim	Não	Sim	6	2015-01-02	10:07:46
Editar	1420200599764	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:10:03
Editar	1420200661111	2 horas ou mais	Não	Sim	Não	Não	1	2015-01-02	10:11:17
Editar	1420200751713	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:12:37
Editar	1420200859078	2 horas ou mais	Sim	Sim	Sim	Sim	5	2015-01-02	10:14:44
Editar	1420200981595	1 hora ou menos	Não	Não	Não	Não	2	2015-01-02	10:16:34
Editar	1420201103437	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:18:30
Editar	1420201232772	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:20:50
Editar	1420201343531	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:22:31
Editar	1420201447027	2 horas ou mais	Não	Não	Sim	Não	1	2015-01-02	10:24:15
Editar	1420201535226	2 horas ou mais	Não	Não	Sim	Não	1	2015-01-02	10:25:43
Editar	1420201618567	2 horas ou mais	Sim	Não	Sim	Sim	4	2015-01-02	10:27:12
Editar	1420201741688	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:29:07
Editar	1420202199107	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	10:36:42
Editar	1420202290951	1 hora ou menos	Sim	Sim	Sim	Sim	7	2015-01-02	10:38:38
Editar	1420215672630	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	14:21:19
Editar	1420215822672	2 horas ou mais	Sim	Não	Sim	Não	2	2015-01-02	14:23:58
Editar	1420215928807	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	14:25:32
Editar	1420216005091	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	14:26:52
Editar	1420216155903	1 hora ou menos	Não	Não	Sim	Sim	5	2015-01-02	14:29:34
Editar	1420216265354	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	0	2015-01-02	14:31:11

Figura 22 – Exemplo de acesso aos dados do banco.

3.2.2 Pré-processamento

Para o pré-processamento foi realizado a análise do protocolo, bem como, discussões com especialistas (fonoaudiólogos e enfermeiros) para decidir quais dados seriam relevantes para definir o diagnóstico do frênulo. Foram selecionados os atributos que contabilizam pontos no protocolo para a avaliação realizada atualmente.

Nesta etapa, o sistema separa estes atributos e os prepara para a etapa de processamento. Os atributos são: antecedentes familiares; intervalo entre as mamadas; cansaço para mamar; mama e dorme; soltando mamilo; morde mamilo na amamentação; postura dos lábios em repouso; tendência do posicionamento da língua durante o choro; a forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação; espessura do frênulo; fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua; fixação do frênulo no assoalho da boca; movimento da língua; ritmo da sucção; coordenação entre sucção/deglutição/respiração; morde o mamilo durante a sucção e estalos de língua durante a sucção.

3.2.3 Processamento

Nesta etapa, os dados de entrada são processados e classificados em normal ou alterado. Este processo é realizado por meio da rede neural desenvolvida neste trabalho.

A rede neural deste trabalho foi desenvolvida utilizando a biblioteca Weka (WEKA, 2015). Weka é uma plataforma de mineração de dados baseada em Java e com código fonte aberto, que possui vários algoritmos de aprendizagem de máquina para minerar dados, incluindo pré-processamento de dados, classificação, cluster, regras de associação e páginas visuais interativas (ZHONG, 2011).

A utilização do Weka permitiu a interação com o banco de dados, filtragem dos dados, modelagem da rede, teste e validação dos resultados. A função utilizada (e que apresentou resultados bastante satisfatórios) foi a Multilayer Perceptron.

Com isso, a rede desenvolvida é uma rede supervisionada de multicamadas, com o algoritmo backpropagation e função sigmoide para ativação. A rede, ilustrada na Figura 23, possui 18 atributos de entrada, 13 neurônios na camada intermediária e 2 na camada de saída.

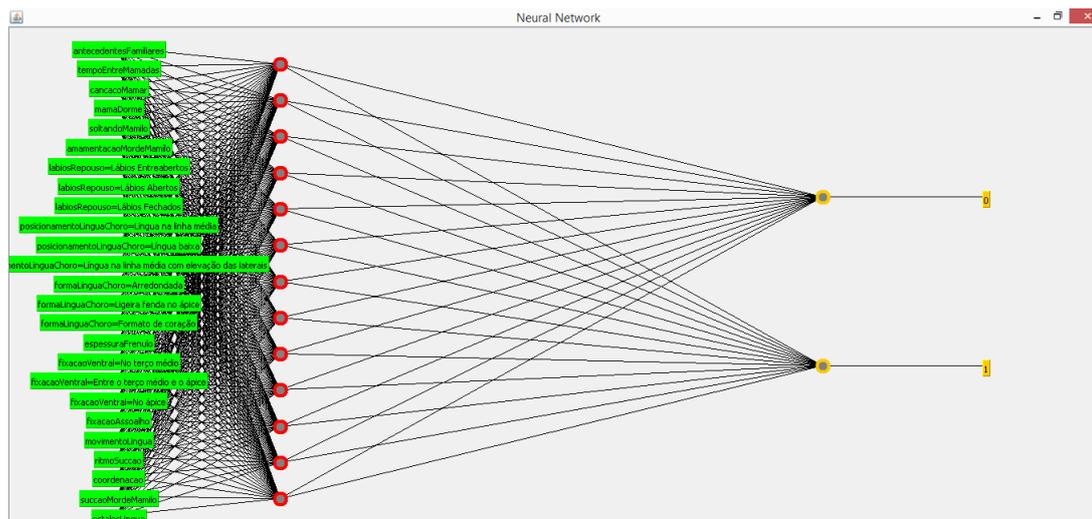


Figura 23 – Rede neural do protocolo do teste da linguinha.

Na rede a saída 0 representa o resultado para o frênulo normal e 1 representa o resultado para o frênulo alterado.

3.2.4 Pós-processamento

Na etapa de pós-processamento, a saída da RNA é interpretada e apresentada ao profissional. Existem três resultados: o resultado do sistema de pontos (avaliação médica), o resultado da RNA e o resultado final.

O profissional responsável sempre possui a palavra final no diagnóstico, portanto, o resultado final sempre será igual ao resultado do sistema de pontos. Se o resultado da RNA for igual ao resultado do sistema de pontuação, tudo está dentro da normalidade, seja qual for o diagnóstico (normal ou alterado) e não há recomendações a serem feitas.

Porém, se o resultado da RNA for diferente do resultado do sistema de pontos, existe a possibilidade de que o profissional responsável pelo teste tenha cometido algum erro ao inserir algum dos dados no protocolo. Nesse caso, o sistema vai recomendar que este profissional revise os dados inseridos antes de definir o diagnóstico.

Com isso, espera-se minimizar as falhas humanas que ocorreriam sem a utilização do sistema e maximizar a confiança no diagnóstico final do teste. Também é possível analisar a probabilidade do bebê, com as características informadas, estar com a movimentação da língua prejudicada ou não. Neste trabalho, isso foi possível através do uso de redes Bayesianas, onde os dados do banco de dados são utilizados no treinamento, possibilitando o levantamento estatístico de novas entradas.

A rede permite inserir o valor de cada atributo, atualizando o resultado final mediante a análise dos dados.

4 T_Linguinh@

4.1 Visão Geral

A tecnologia tem apresentado grandes benefícios para a humanidade e uma área que tem usufruído consideravelmente desses benefícios é a área da saúde. Muitas pesquisas e ferramentas tem sido desenvolvidas e realizadas a fim de resolver problemas nesta área.

Diante desse contexto, o T_Linguinh@, constitui um importante sistema de auxílio nas rotinas do teste da linguinha, possibilitando o cadastro dos dados do recém-nascido, bem como, os dados gerados no decorrer do acompanhamento do teste, selecionando e classificando os dados inseridos, gerando pré-diagnóstico (frênulo normal ou alterado) e emitindo alertas, contribuindo, assim, com o pré-diagnóstico e a tomada de decisão.

O T_Linguinh@ é uma plataforma de telemedicina que tem como finalidade o suporte e o auxílio aos profissionais de saúde na execução do teste da linguinha. Essa plataforma recebe como entrada, pelo profissional de saúde, os dados relativos aos atendimentos no decorrer do teste. Estes dados são então processados, classificados (gerando indicadores e alertas) e armazenados em uma base de dados, estando, assim, acessíveis remotamente 24 horas por dia.

É realizada a seleção dos dados de interesse, classificando-os de modo a gerar informações e alertas pertinentes, fornecendo, via indicadores visuais e alertas, um pré-diagnóstico, de modo a auxiliar no diagnóstico. Esta etapa é realizada pela RNA.

É importante ressaltar que o desenvolvimento do T_Linguinh@ foi fundamentado na literatura médica, contando sempre com a supervisão e o apoio de profissionais da saúde.

Como é possível observar na Figura 24, o T_Linguinh@ possui dois subsistemas principais: T_Linguinh@ Móvel e T_Linguinh@ *Web*, descritos a seguir.

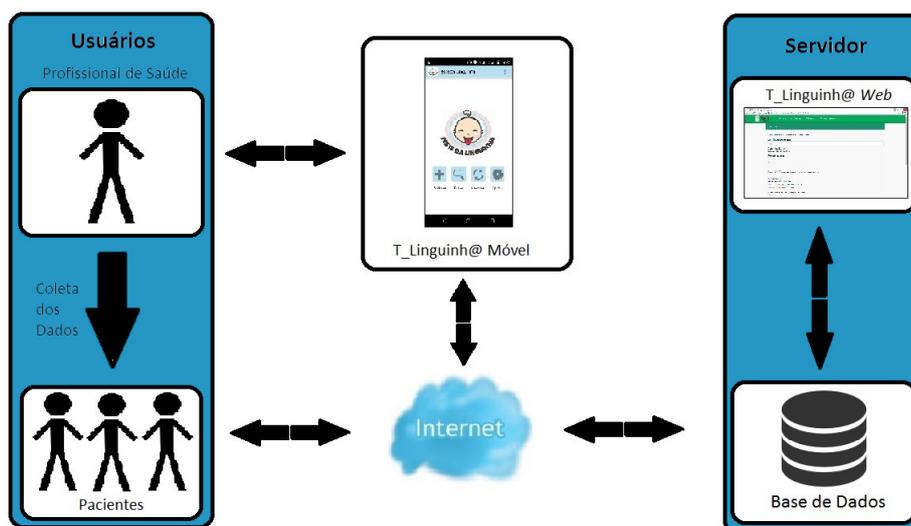


Figura 24 – Arquitetura de acesso ao servidor.

Ambas as formas de interação disponibilizadas exigem que o usuário esteja devidamente autenticado para ter acesso aos respectivos ambientes internos. Para isso, após a execução do aplicativo, o usuário deverá informar as suas credenciais para ter acesso ao ambiente, bem como, as funcionalidades por este disponibilizadas.

4.2 T_Linguinh@ Móvel

As redes *wireless* móveis de baixo custo estão expandindo e, conseqüentemente, os seus usuários aumentando. Este sucesso está particularmente relacionado à mobilidade oferecida aos usuários (TITI *et al.*, 2011).

O T_Linguinh@ Móvel, por sua vez, é um ambiente móvel que permite a seleção, o processamento e a classificação dos dados de entrada, além de possibilitar o registro e o acesso às informações.

4.2.1 Arquitetura

A arquitetura do sistema é baseada no modelo cliente-servidor, composta por três componentes principais:

- Servidor – neste trabalho o servidor está hospedado na nuvem, disponibilizando o banco de dados onde as informações do módulo serão armazenadas;
- Rede – trata-se de conexões *wifi* ou internet móvel como 3G ou 4G, por exemplo, permitindo o transporte das informações do módulo para o Servidor e vice-versa;
- Cliente – trata-se do módulo móvel, acessada por meio de um *smartphone*.

Com isso, o módulo móvel poderá realizar solicitações à máquina servidora e obter respostas independentemente de sua localização naquele momento, mantendo todo o processo transparente aos olhos de quem opera o sistema.

4.2.2 Ferramentas Utilizadas no Desenvolvimento do T_Linguinh@ Móvel

Visando a portabilidade e o baixo custo, o módulo móvel foi desenvolvido baseado no sistema operacional Android que, segundo Lecheta (2013), é uma plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis como *smartphones* e contém um sistema operacional baseado em Linux, uma *interface* visual rica, GPS, diversas aplicações já instaladas e, ainda, um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, inovador e flexível.

A escolha desse sistema deu-se devido a sua grande utilização que, em 2015, possuía 82,8% do mercado mundial de telefones inteligentes (IDC, 2015) , pelo baixo custo de desenvolvimento e, também, por não necessitar de licença.

Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizada a linguagem de programação Java. Java é uma linguagem que oferece *interface* rica ao usuário, performance, versatilidade, portabilidade e a segurança que as aplicações de hoje exigem (ORACLE, 2014).

Para o armazenamento local no dispositivo foi utilizado a base de dados *SQLite*. O *SQLite* é uma base de dados completa com múltiplas tabelas, índices, gatilhos e *views* (SQLITE, 2016).

Os dados provindos dos módulos móveis são posteriormente sincronizados com o servidor, gerando uma base de dados ampla, com todos os dados dos pacientes. Para o armazenamento dos dados no servidor foi utilizado o MYSQL.

Para a persistência dos dados, foi utilizado o MYSQL (MYSQL, 2015), um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL (Structured Query Language) como *interface*. É um dos bancos de dados mais populares atualmente e sua escolha se deu em virtude das características positivas que apresenta, entre elas: facilidade de uso, multitarefa, portabilidade, compatibilidade, desempenho e estabilidade. Possui dois tipos de licença. Desse modo, os usuários podem optar por usar o MySQL como um produto Open Source sob os termos da GNU General Public License ou pode optar por comprar uma licença comercial padrão da Oracle.

4.2.3 Funcionalidades do T_Linguinh@ Móvel

Foi desenvolvido o módulo móvel para o teste da linguinha seguindo o modelo apresentado no Anexo I. Ao iniciar, o profissional de saúde deve fazer *login* para poder acessar as funções do aplicativo. Se confirmado, é garantido ao profissional o acesso ao *menu* principal com as seguintes opções: Cadastrar, Buscar Cadastro, Sincronizar e Opções, conforme ilustrado na Figura 25.



Figura 25 – Menu principal do aplicativo.

4.2.3.1 Cadastrar

Com a opção “Cadastrar” o profissional pode fazer o registro do recém-nascido. As informações coletadas nesta etapa, voltadas para a identificação da criança são: nome, CPF do responsável, data de nascimento, idade, gênero, nome da mãe, nome do pai, endereço, bairro, cidade, estado, CEP, número, telefones e endereço eletrônico. Ao final da tela de cadastro, tem um botão que salva as informações e redireciona o profissional para a tela referente ao tipo de consulta do recém-nascido cadastrado. A tela de cadastro está ilustrada na Figura 26.

Figura 26 – Tela de cadastro de recém-nascidos.

Na tela de tipo de consulta, ilustrada na Figura 27, o profissional pode escolher entre realizar apenas a triagem neonatal ou o exame completo (reteste).



Figura 27 – Tela para selecionar o tipo de consulta.

4.2.3.2 Buscar Cadastro

Também é possível acessar esta tela (tipo de consulta), ilustrada na Figura 29, a partir da opção “Buscar Cadastro” do *menu* principal. Para tanto, será solicitado ao profissional que informe o CPF do responsável pelo recém-nascido (ou o nome do bebê caso os dados já estejam no banco de dados local) no qual se deseja manipular as informações. Após este procedimento, será mostrada uma lista com os nomes dos dependentes do CPF informado para que o profissional possa selecionar o nome desejado.

Depois de selecionado o nome do recém-nascido, é apresentado na tela às seguintes opções: Triagem Neonatal e Reteste.

4.2.3.3 Triagem Neonatal

Ao selecionar a opção Triagem Neonatal, o profissional é direcionado a uma tela (ilustrada na Figura 28) que, além de um *menu* que permite editar ou excluir o recém-nascido selecionado, apresenta também as opções para fazer o registro dos dados da avaliação anatomofuncional e para visualizar os dados (dados pessoais e avaliação anatomofuncional) registrados.

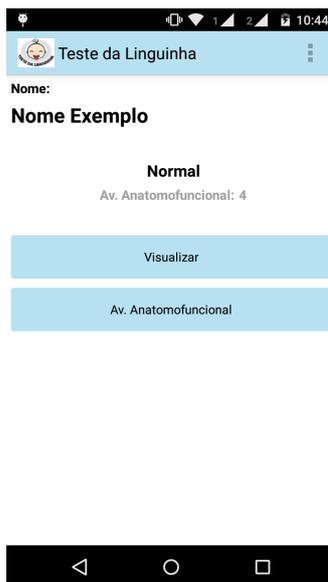


Figura 28 – Tela de triagem.

Nessa tela também é possível visualizar a pontuação e o resultado da triagem. De acordo com o protocolo, o resultado depende da pontuação e pode ser normal, alterado ou reteste indicando, respectivamente, que: não é necessária a cirurgia, é necessária a cirurgia ou que não foi possível chegar a uma conclusão e, portanto, é necessário realizar o reteste.

4.2.3.4 Reteste

Ao selecionar a opção Reteste, o profissional é direcionado a uma tela (ilustrada na Figura 29) que, além de apresentar todas as funcionalidades da triagem neonatal, apresenta as opções para cadastrar e visualizar a história clínica e a avaliação da sucção não nutritiva e nutritiva.

Também é possível visualizar a pontuação de cada exame e o resultado final do reteste (normal ou alterado).



Figura 29 – Tela de opções do recém-nascido.

A opção “Visualizar” permite ao profissional resgatar as informações previamente cadastradas a respeito do recém-nascido selecionado e mostrá-las na tela, conforme a Figura 30.

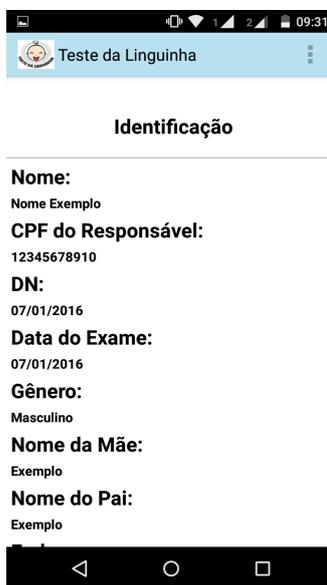


Figura 30 – Visualização de informações previamente cadastradas.

As opções “História Clínica”, “Triagem”, “Anatomofuncionais” e “AV. Snn e Sn” disponibilizam o respectivo formulário para fazer o registro das informações a respeito do recém-nascido selecionado. A Figura 31 mostra exemplos dos formulários.

Teste da Linguinha

Intervalo entre as mamadas:

2 horas ou mais

Cansaço para mamar?

Não

Mama um pouquinho e dorme?

Não

Vai soltando o mamilo?

Não

Morde o mamilo?

Não

PRÓXIMO

Linguinha

Postura dos lábios em repouso:

Lábios Fechados

Lábios Entreabertos

Figura 31 – Exemplos de formulários de registro de informações.

Esta tela possui ainda um *menu* (ilustrado na Figura 32) que, além de permitir editar ou excluir os dados do recém-nascido, possui uma opção para fazer a avaliação por meio da rede neural e obter a classificação do frênulo (normal ou alterado).

Teste da Linguinha

Nome: Nome Exemplo

História Clínica: 0

Av. Anatômofuncional

Av. SNN e SN: 1

Editar

Excluir

Avaliar

Frênulo Normal

Total: 4

Visualizar

História Clínica

Triagem (Av. Anatômofuncional)

Av. SNN e SN

Figura 32 – Menu da tela de recém-nascido.

Ao selecionar essa opção, é apresentado ao profissional uma mensagem como o da Figura 33, onde é apresentado o resultado da avaliação por pontos (avaliação médica), o resultado da RNA, o resultado final e as observações.

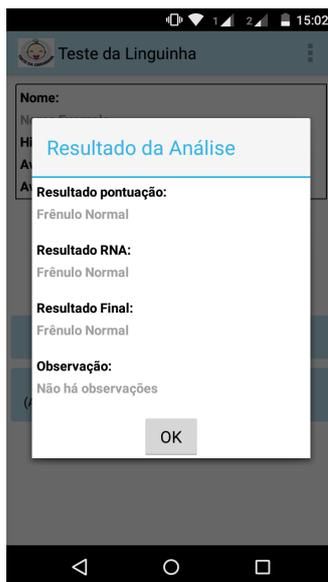


Figura 33 – Resultados das avaliações.

O resultado final sempre será igual ao resultado da avaliação por pontos. Se o resultado da RNA for igual a esse resultado, tudo está dentro da normalidade, seja qual for o diagnóstico (normal ou alterado) e não há observações a serem feitas.

Como é possível observar na Figura 34, se o resultado da RNA for diferente do resultado da avaliação de pontos, existe a possibilidade de que o profissional responsável pelo teste tenha cometido algum erro ao inserir algum dos dados no protocolo para aquele determinado bebê. Quando isso ocorre, o sistema emite uma observação, recomendando ao profissional que revise os dados inseridos com o intuito de identificar possíveis erros.

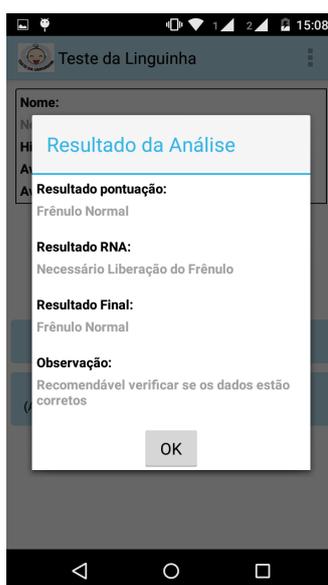


Figura 34 – Resultados contraditórios.

4.2.3.5 Sincronizar

Os dados são atualizados com a opção “Sincronizar” do *menu* principal. Ao selecionar essa opção, os dados cadastrados no dispositivo são enviados ao servidor para verificação. Se uma informação específica não existir no banco de dados do servidor, este é inserido; se já existir, há uma verificação de qual dado é o mais atual, por meio de uma comparação da data e hora em que cada um foi registrado. Se os valores que estão chegando do dispositivo são os mais atuais, estes são atualizados no servidor; caso contrário, o dispositivo recebe uma resposta para atualizar aqueles dados com os dados do servidor. Essa atualização é feita antes de prosseguir com a verificação dos próximos valores.

4.2.3.6 Opções

Ao selecionar “Opções”, o profissional pode alterar sua senha bem como o endereço do servidor.

4.3 T_Linguinh@ Web

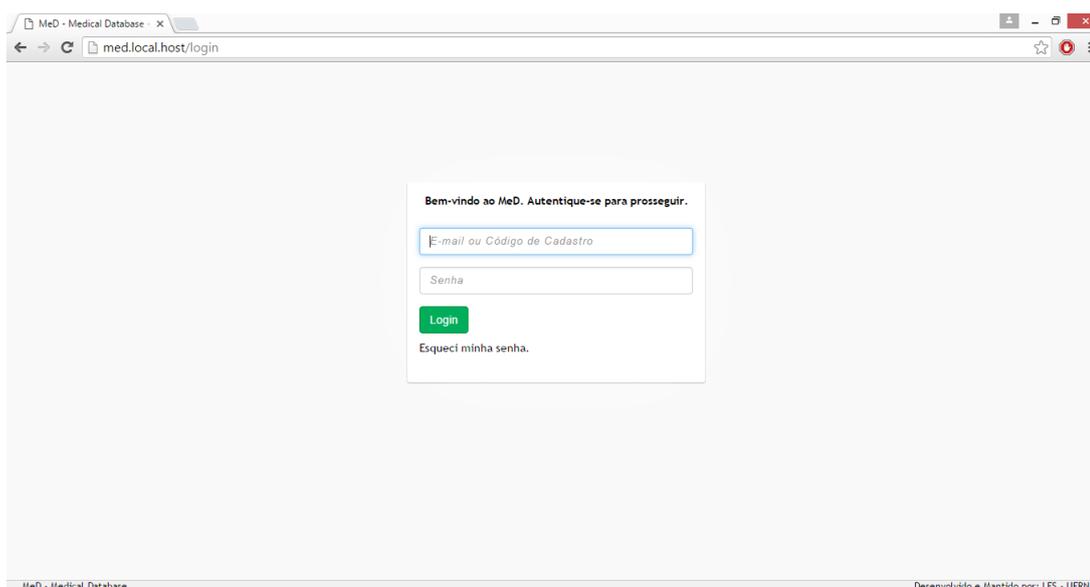
O T_Linguinh@ Web é um ambiente online que visa possibilitar um amplo acompanhamento do teste de recém-nascidos. Para isso, possibilitam, de modo simples e intuitivo, o registro e o acesso às informações.

4.3.1 Plataforma MeD

A plataforma MeD (Medical Database) é uma plataforma que foi desenvolvida por pesquisadores do Laboratório de Engenharia de Software da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. A plataforma permite a integração de módulos de cuidados médicos, tais como, cartão da gestante, módulo para cuidados com a diabetes, teste da linguinha, teste da orelhinha, e outros.

Isso permite o registro das informações dos módulos no banco de dados da plataforma, possibilitando aos profissionais de saúde o acesso, o registro e a manipulação de uma base de dados poderosa, contendo informações de diversas áreas da saúde a respeito de seus pacientes, em um só lugar.

Para acessar as funções do MeD é necessário a verificação da identificação do profissional por meio de um *login* (conforme ilustrado na Figura 35).

Figura 35 – Tela de *login* da plataforma.

Se confirmado o acesso, é garantido ao profissional um *menu* (ilustrado na Figura 36) com as opções: Início, Pessoas, Módulos e Administração. A opção “Início” direciona o profissional a tela inicial da plataforma.

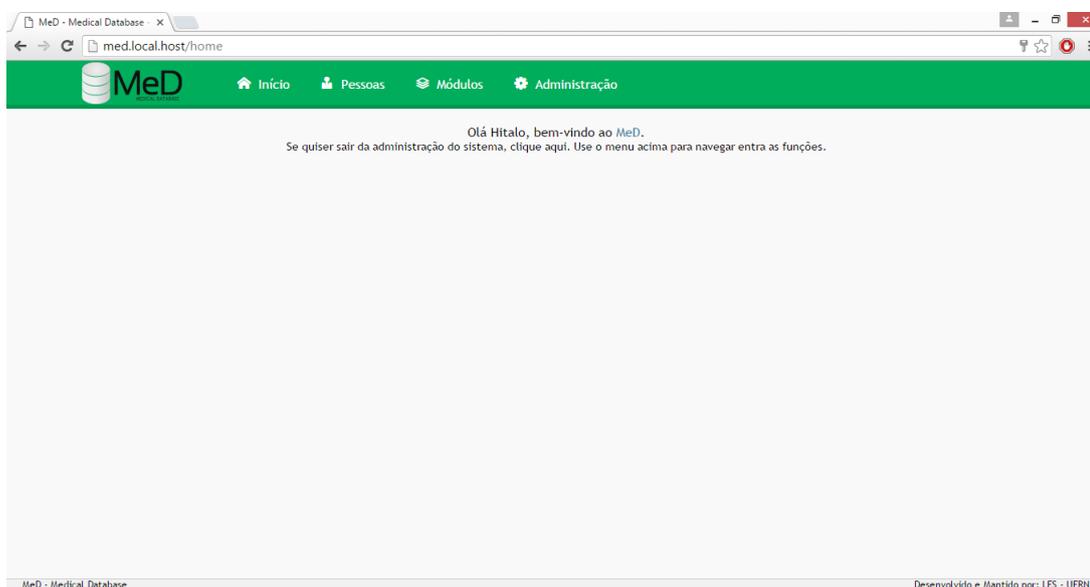


Figura 36 – Tela inicial da plataforma.

A opção “Pessoas” (ilustrada na Figura 37) possui 3 *submenus*: Pacientes, Profissionais de Saúde e Todas as Pessoas. O submenu “Pacientes” direciona o profissional a todas as pessoas que foram registradas em algum dos módulos, permitindo que visualizem e/ou alterem as informações dos pacientes nestes módulos.

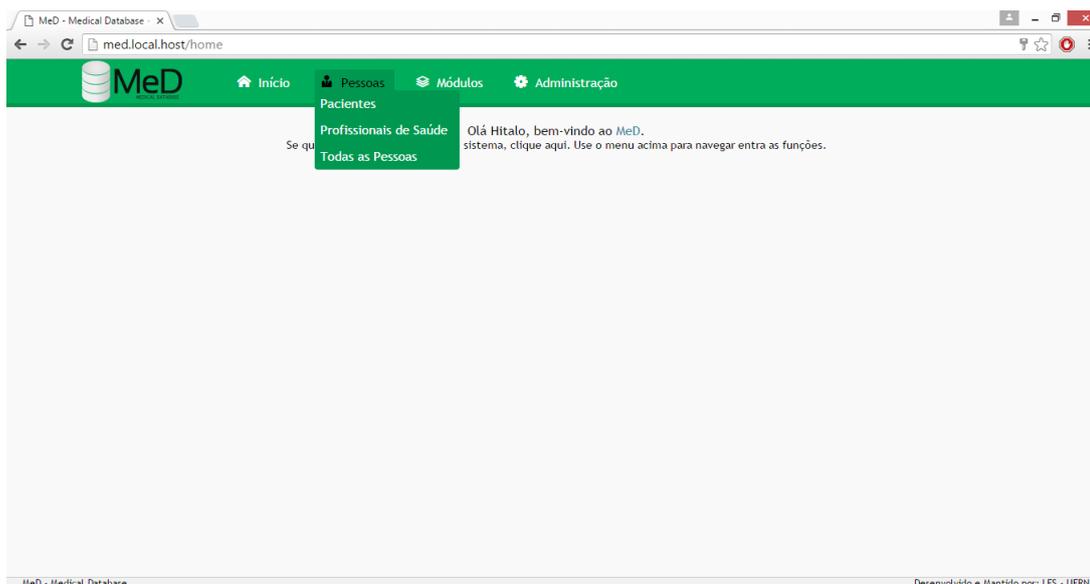


Figura 37 – Menu Pessoas.

O submenu “Profissionais de Saúde” permite visualizar e cadastrar os profissionais que irão ter acesso a plataforma. Essa opção só é válida para os profissionais que possuem permissão de administrador. A Figura 38 ilustra a tela de cadastro de profissionais da saúde.

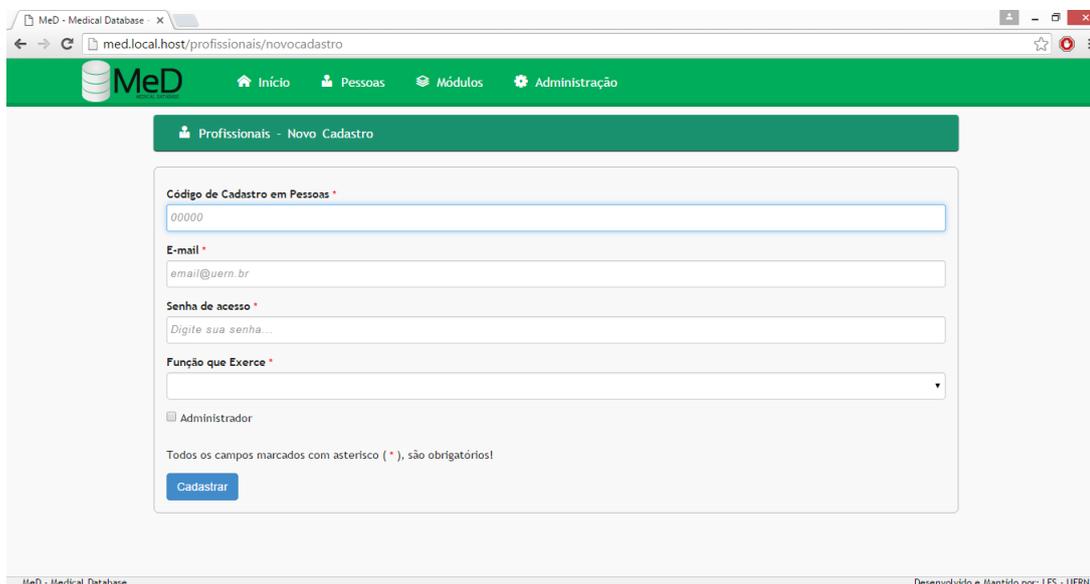


Figura 38 – Tela de cadastro dos profissionais.

O submenu “Todas as Pessoas” permite visualizar e cadastrar os dados gerais das pessoas. Estas pessoas, posteriormente, podem ser cadastradas como profissionais e/ou pacientes.

A opção “Módulos” (ilustrada na Figura 39) disponibiliza os módulos médicos para o registro das informações de um paciente naquele determinado módulo. Apesar dos

diversos módulos que a plataforma pode conter, somente são apresentados por essa opção os módulos a que o profissional logado possui permissão de acesso.

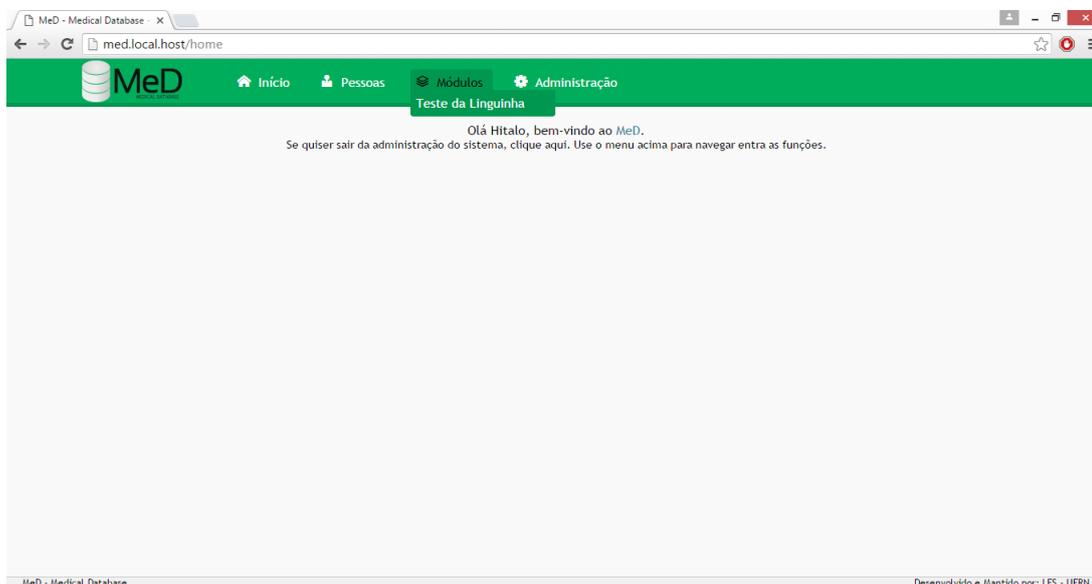


Figura 39 – Menu Módulos.

O menu “Administração” disponibiliza a opção para o profissional fazer o *logout* do sistema retornando para a tela de *login*.

4.3.2 Funcionalidades do T_Linguinh@ Web

A plataforma MeD é acessada por meio de navegadores de internet, possibilita que desenvolvedores criem os próprios módulos de saúde e os integrem na plataforma. Isso permite aos profissionais de saúde fazer o registro e o acesso unificado das informações de pacientes provindas de diversas áreas, contribuindo, assim, com o acompanhamento geral dos pacientes.

Foi desenvolvida a versão *web* do sistema deste trabalho baseada na plataforma MeD, permitindo, assim, o acesso aos recursos através de um navegador de internet.

Como pode ser observado na Figura 40 acessar Módulos/Teste da Linguinha, o profissional tem as opções “Nova História Clínica”, “Nova SNN - SN” e “Avaliação Anatomofuncional” para cadastro da história clínica, sucções não nutritivas e nutritivas e avaliação anatomofuncional de um determinado paciente respectivamente. Todos os campos nos formulários são baseados no protocolo do teste da linguinha, conforme Anexo I.

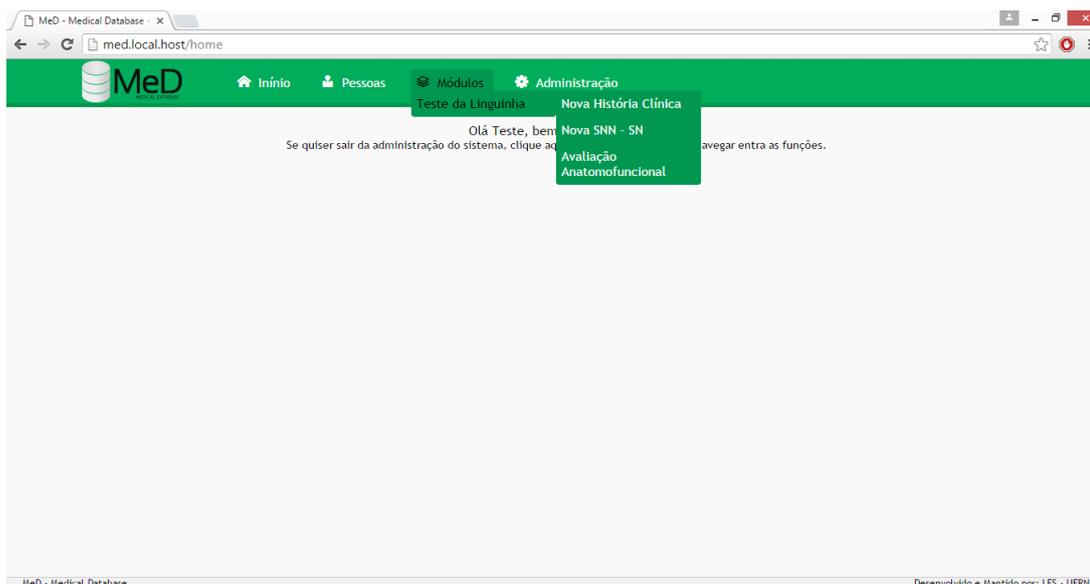


Figura 40 – Opções do teste da linguinha.

A opção “Nova História Clínica” direciona o profissional ao formulário (exemplificado na Figura 41) onde é possível realizar o cadastro da história clínica de um determinado paciente. Além do código de cadastro do paciente na plataforma, o formulário é dividido em Antecedentes e Amamentação. Conforme o protocolo, nos antecedentes é questionado a presença de antecedentes na família do paciente, bem como, a existência de algum problema de saúde.

A screenshot of the MeD Medical Database web application showing the 'História Clínica' form. The browser's address bar shows 'med.local.host/modulos/testedalinguinha/novaHistoriaClinica?m=3'. The page has a green header with the MeD logo and navigation links: 'Início', 'Pessoas', 'Módulos', and 'Administração'. The main content area is titled 'História Clínica' and contains a form titled 'Cadastrar História Clínica'. The form has three sections: 'Código de Cadastro em Pessoas' with a text input field containing '00000'; 'Antecedentes' with two sub-sections: 'Antecedentes Familiares' and 'Problemas de Saúde', each with radio buttons for 'Não' and 'Sim'; and 'Amamentação' with a sub-section 'Intervalo Entre as Mamadas' and radio buttons for '2 horas ou mais' and '1 hora ou menos'.

Figura 41 – Formulário de cadastro da história clínica.

Na parte de amamentação, é questionado o intervalo entre mamadas, presença de cansaço para mamar, se mama e dorme, se vai soltando o mamilo e se morde o mamilo.

A opção “Nova SNN - SN” direciona o profissional ao formulário (exemplificado na Figura 42) onde é possível realizar o cadastro das informações a respeito da sucção não nutritiva e nutritiva do paciente. Na parte da sucção não nutritiva é verificado o movimento da língua. Na parte da sucção nutritiva é verificado o ritmo da sucção, a coordenação entre sucção, deglutição e respiração, se morde o mamilo e se possui estalos de língua.

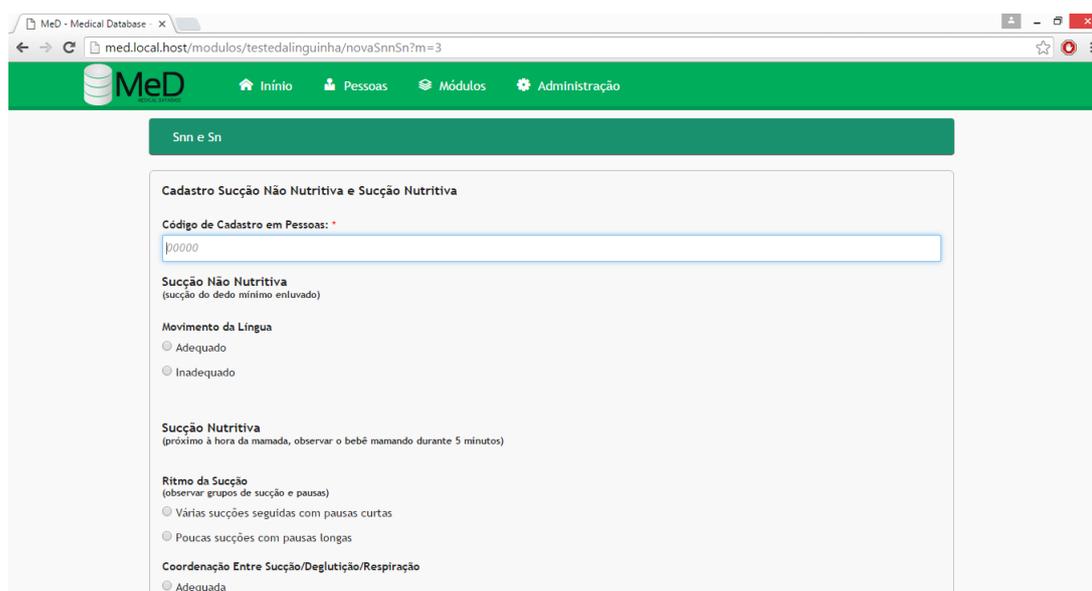


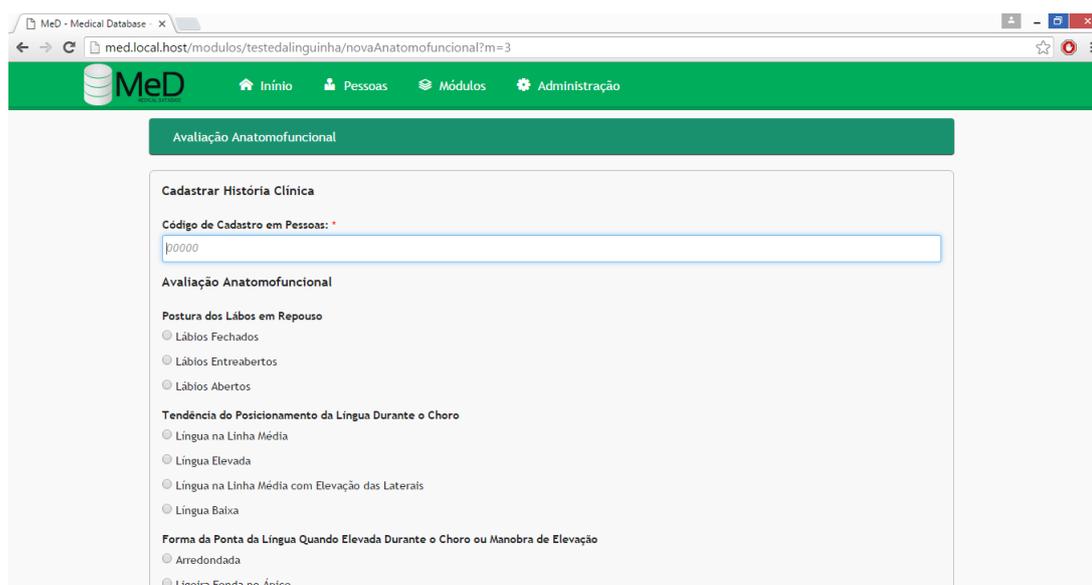
Figura 42 – Formulário de cadastro da sucção não nutritiva e nutritiva.

A opção “Avaliação Anatomofuncional” direciona o profissional ao formulário (exemplificado na Figura 43) de cadastro da avaliação anatomofuncional. Na primeira parte é questionada a postura dos lábios em repouso, a tendência do posicionamento da língua quando elevada durante o choro, a forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação e a visualização do frênulo.

A segunda parte da avaliação anatomofuncional (exemplificado na Figura 44) se refere ao frênulo da língua. Para tanto, é necessário que o profissional marque que é possível visualizar o frênulo de forma normal ou com manobra no último questionamento da primeira parte. Caso não seja possível visualizar o frênulo, a segunda parte é desconsiderada.

Caso seja possível visualizar o frênulo, a segunda parte do formulário da avaliação anatomofuncional é exibida. Nesta parte é questionada a espessura do frênulo, a fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua e a fixação do frênulo no assoalho da boca.

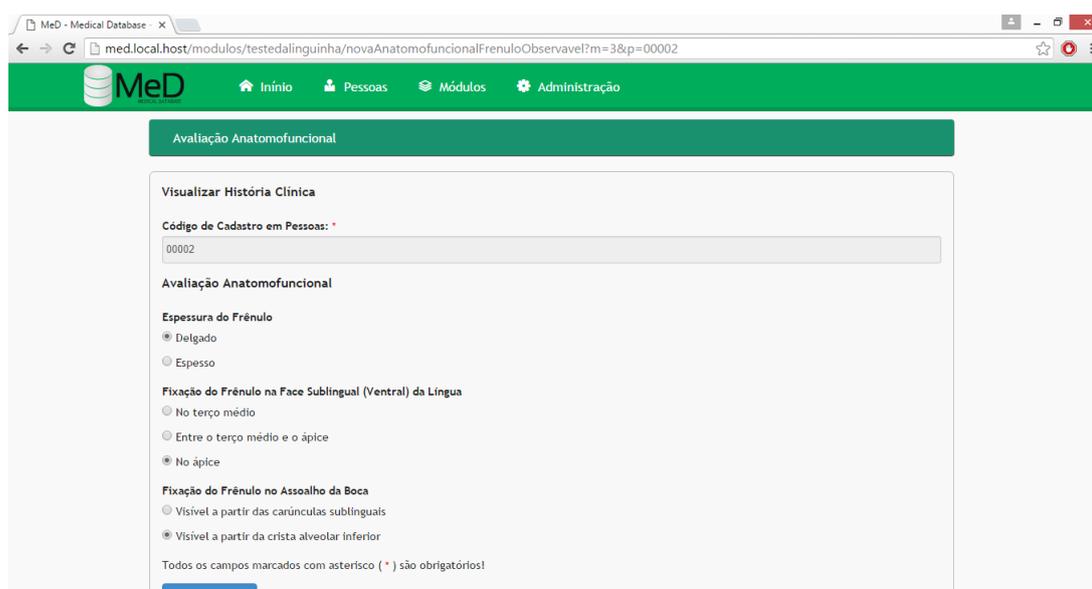
O profissional pode visualizar e/ou alterar alguma informação previamente cadastrada de algum paciente, acessando Pessoas/Pacientes e selecionando o paciente desejado. Com isso, serão apresentados os formulários de cadastro das informações (história clínica, avaliação anatomofuncional e sucção não nutritiva e nutritiva), porém, desta vez, estará



The screenshot shows a web browser window with the URL `med.local.host/modulos/testedalinguinha/novaAnatomofuncional?m=3`. The page has a green header with the MeD logo and navigation links: Início, Pessoas, Módulos, and Administração. Below the header is a green bar with the text 'Avaliação Anatômica'. The main content area is titled 'Cadastrar História Clínica' and contains a form with the following fields:

- Código de Cadastro em Pessoas:** A text input field containing the value '00000'.
- Avaliação Anatômica:**
 - Postura dos Lábios em Repouso:** Radio buttons for 'Lábios Fechados', 'Lábios Entreatbertos', and 'Lábios Abertos'.
 - Tendência do Posicionamento da Língua Durante o Choro:** Radio buttons for 'Língua na Linha Média', 'Língua Elevada', 'Língua na Linha Média com Elevação das Laterais', and 'Língua Baixa'.
 - Forma da Ponta da Língua Quando Elevada Durante o Choro ou Manobra de Elevação:** Radio buttons for 'Arredondada' and 'Ligeira Fenda no Ápice'.

Figura 43 – Formulário de cadastro da avaliação anatomofuncional.



The screenshot shows the same web browser window with the URL `med.local.host/modulos/testedalinguinha/novaAnatomofuncionalFrenuloObservavel?m=3&p=00002`. The page has the same green header and navigation links. Below the header is a green bar with the text 'Avaliação Anatômica'. The main content area is titled 'Visualizar História Clínica' and contains a form with the following fields:

- Código de Cadastro em Pessoas:** A text input field containing the value '00002'.
- Avaliação Anatômica:**
 - Espessura do Frênulo:** Radio buttons for 'Delgado' and 'Espesso'.
 - Fixação do Frênulo na Face Sublingual (Ventral) da Língua:** Radio buttons for 'No terço médio', 'Entre o terço médio e o ápice', and 'No ápice'.
 - Fixação do Frênulo no Assoalho da Boca:** Radio buttons for 'Visível a partir das carúnculas sublinguais' and 'Visível a partir da crista alveolar inferior'.

At the bottom of the form, there is a note: 'Todos os campos marcados com asterisco (*) são obrigatórios!' and a blue button labeled 'Atualizar Perfil'.

Figura 44 – Segunda parte do formulário de cadastro da avaliação anatomofuncional.

preenchido com as informações previamente cadastradas.

5 Validação e Resultados

Os testes do sistema foram realizados utilizando-se a ferramenta Weka (versão 3.7.3), devido aos algoritmos disponíveis na ferramenta, possibilitando a criação de modelos e a rápida visualização dos resultados.

Todos os testes foram realizados utilizando o banco de dados padrão ouro, gerado por meio do sistema. A ferramenta MYSQL proporcionou uma *interface* para consulta e visualização dos dados.

Como citado anteriormente, as características analisadas são: antecedentes familiares; intervalo entre as mamadas; cansaço para mamar; mama e dorme; soltando mamilo; morde mamilo na amamentação; postura dos lábios em repouso; tendência do posicionamento da língua durante o choro; forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação; espessura do frênulo; fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua; fixação do frênulo no assoalho da boca; movimento da língua; ritmo da sucção; coordenação entre sucção/deglutição/respiração; morde o mamilo durante a sucção e estalos de língua durante a sucção.

A RNA foi treinada utilizando cem (100) registros de banco. Uma amostra com participantes da pesquisa, aleatórios do banco de dados, foi utilizada para testar a RNA. A Tabela 2 apresenta os valores dessa amostra.

Tabela 2 – Amostra de participantes da pesquisa.

	Antecedentes	Intervalo mamadas	Cansaço	Mama dorme	Soltando mamilo	Morde mamilo	Postura lábios	Posicionamento	Forma língua	Fixação ventral	Fixação assoalho	Movimento	Ritmo	Coordenação	Morde mamilo (Sucção)	Estados
1	Não	1 hora ou menos	Sim	Sim	Não	Sim	Lábios fechados	Ponta baixa, com elevação das laterais	Formato de coração	No ápice	crista	Inadequado	Poucas sucções	Inadequada	Sim	Sim
2	Não	1 hora ou menos	Não	Sim	Sim	Não	Lábios fechados	Linha média elevação laterais	Arredondada	Entre terço médio e ápice	crista	Adequado	Poucas sucções	Inadequada	Não	Sim
3	Não	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios entreabertos	Linha média	Arredondada	Terço médio	carúnculas	Adequado	Poucas sucções	Adequada	Não	Não
4	Não	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios fechados	Linha média	Arredondada	Terço médio	carúnculas	Adequado	Várias sucções	Adequada	Não	Não
5	Não	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios fechados	Linha média	Arredondada	Terço médio	carúnculas	Adequado	Várias sucções	Adequada	Não	Sim
6	Não	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios entreabertos	Linha média elevação laterais	Arredondada	Entre terço médio e ápice	crista	Adequado	Poucas sucções	Adequada	Não	Não
7	Sim	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios fechados	Linha média	Arredondada	Terço médio	carúnculas	Adequado	Poucas sucções	Adequada	Não	Não
8	Não	2 horas ou mais	Sim	Sim	Sim	Não	Lábios entreabertos	Linha média elevação laterais	Arredondada	Entre terço médio e ápice	crista	Adequado	Poucas sucções	Inadequada	Não	Sim
9	Sim	2 horas ou mais	Não	Não	Não	Não	Lábios fechados	Linha média	Arredondada	Terço médio	carúnculas	Inadequado	Várias sucções	Adequada	Não	Não
10	Não	1 hora ou menos	Sim	Não	Sim	Não	Lábios entreabertos	Ponta baixa, com elevação das laterais	Formato de coração	No ápice	crista	Inadequado	Poucas sucções	Inadequada	Não	Não

A Tabela 3 apresenta o resultado da avaliação por pontos, seguido pelo resultado da RNA, da amostra.

Tabela 3 – Comparação de resultados.

	Av. Médica	Av. RNA	Recomendações
Participante 1	Alterado	Alterado	Não há recomendações
Participante 2	Alterado	Alterado	Não há recomendações
Participante 3	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 4	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 5	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 6	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 7	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 8	Normal	Alterado	Recomendável verificar se os dados estão corretos
Participante 9	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 10	Alterado	Alterado	Não há recomendações

É importante observar a situação do Participante 8. Houve uma divergência entre o resultado da avaliação por pontos (Normal) e o resultado da RNA (Alterado). Com as características apresentadas, o participante ficou no limite (apenas 1 ponto separando do resultado onde seria encaminhado para cirurgia), para um resultado normal por meio da avaliação por pontos.

Existe a possibilidade de que a RNA tenha errado e o frênulo nesta situação realmente esteja normal. Como existe, também, a possibilidade de que o profissional responsável pelo teste, diante de todas as variáveis, tenha ficado na dúvida e marcado uma opção equivocada em alguma delas, alterando, assim, o resultado final do teste.

Com a utilização do sistema, tal divergência é alertada e uma recomendação é repassada ao profissional para que este revise os dados do teste e, se necessário, faça a devida correção.

Posteriormente, os 186 registros do banco foram submetidos à RNA e os resultados comparados com a avaliação por pontos.

Dos 186 registros do banco, 100 foram utilizados no treinamento e 86 no teste. Posteriormente, o resultado do processamento foi comparado com o resultado da avaliação médica. Como é possível observar no gráfico da Figura 45, apenas 2 casos (representados por "quadrado") divergiram do esperado, os outros 184 (representados por "x") foram compatíveis com o resultado da avaliação por pontos.

A Figura 46, ilustra a matriz de confusão do processamento. É possível observar que, dos 71 casos que deveriam ser classificados como normal (representado por "a"), a RNA classificou 70 como normal e 1 como alterado (representado por "b"). Dos 15 que deveriam ser classificados como alterado, a RNA classificou 14 como alterado e 1 como

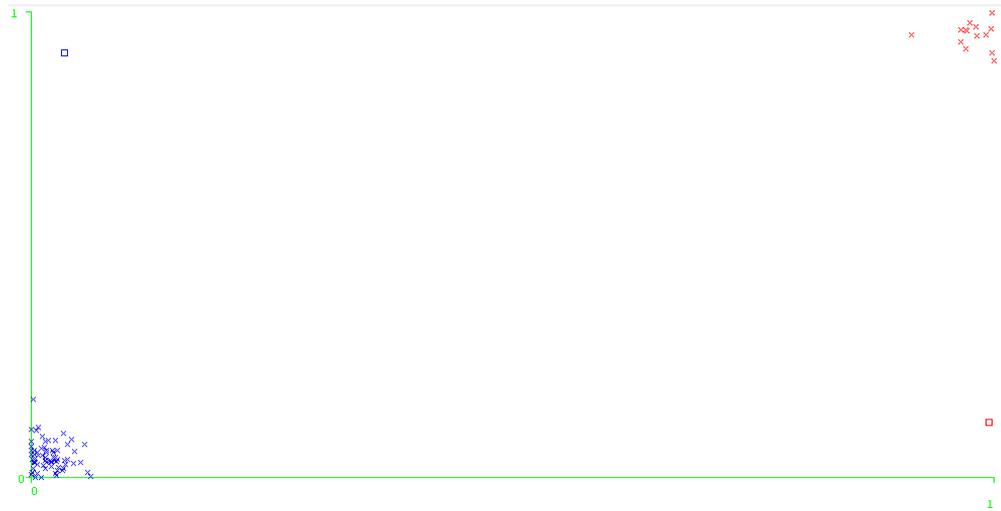


Figura 45 – Gráfico de resultado da classificação da RNA.

normal.

```

=== Confusion Matrix ===
      a  b  <-- classified as
      70  1 | a = 0
      1 14 | b = 1

```

Figura 46 – Matriz de confusão da RNA.

Seguindo esse mesmo raciocínio, outros ensaios, variando o número de registros utilizados no treinamento e no teste, foram criados. A Tabela 4 apresenta, respectivamente: a quantidade de registros utilizados no treino; a quantidade de registros utilizados no teste; a quantidade de registros classificados como normal no teste; a quantidade de registros classificados como alterado no teste; a quantidade de registros classificados corretamente como Normal pela RNA; a quantidade de registros classificados corretamente como Alterado pela RNA e o índice de acerto da RNA.

Tabela 4 – Resultado dos ensaios.

	Treino	Teste	Normais	Alterados	Classificados corretamente como Normal	Classificados corretamente como Alterado	Acerto
Ensaio 1	100	86	71	15	70	14	97.67%
Ensaio 2	80	80	65	15	64	14	97.5%
Ensaio 3	86	100	77	23	75	23	98%
Ensaio 4	90	60	50	10	49	10	98.33%

O índice de acerto da RNA foi considerado satisfatório pelos médicos especialistas, não apenas pelo alto grau de precisão, mas também por se manter constante (entre 97.5%

e 98.33%) em todos os ensaios.

Não satisfeitos apenas como a RNA, também foi criada uma rede bayesiana para extração de conhecimento da base de dados. Para isso, foi utilizado a ferramenta Netica (NETICA, 2015), que permitiu a modelagem da rede, importação dos dados da base por meio de um arquivo de texto e a simulação de situações para testes. A Figura 47 ilustra a rede modelada.

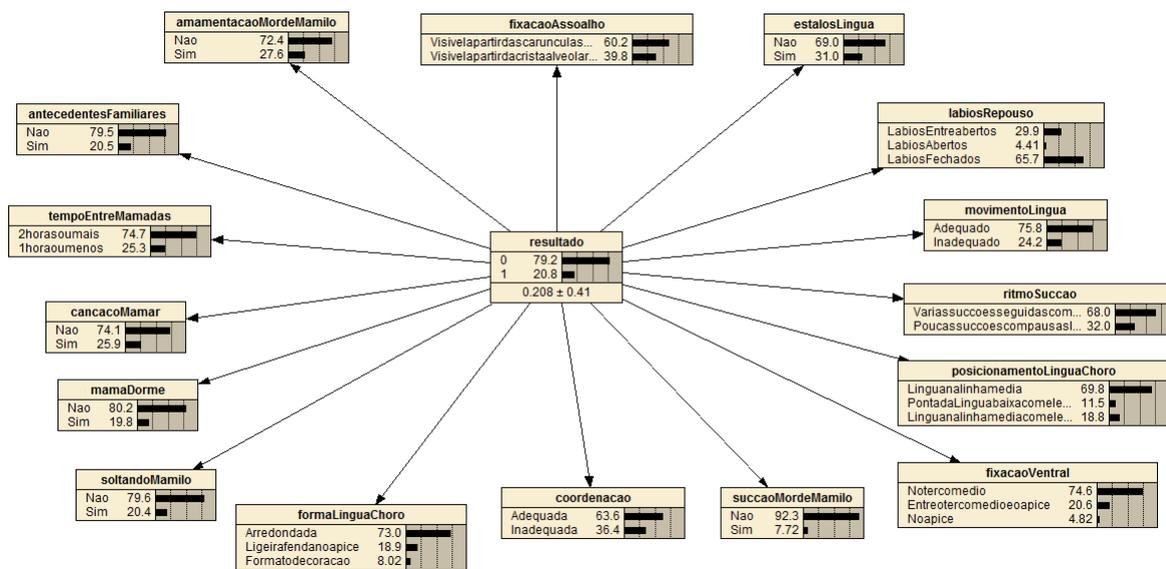


Figura 47 – Rede bayesiana modelada no trabalho.

Adotou-se a arquitetura “estrela”, pelo fato de que não se sabe se existe relacionamento entre as variáveis do teste. Estas estariam diretamente relacionadas apenas com o resultado.

É importante observar que a variável “Espessura do frênulo” não está presente na rede. Isso se deve ao fato da saída da rede ser contradizente ao do protocolo, no qual, o valor “espesso” apresentava números mais favoráveis do que o valor “delgado”. Considerando que as redes Bayesianas trabalham com incertezas, esta variável pode ser removida sem prejuízo à rede.

Conforme ilustrado na Figura 48, com a rede é possível simular situações e obter um valor estatístico do resultado do teste.

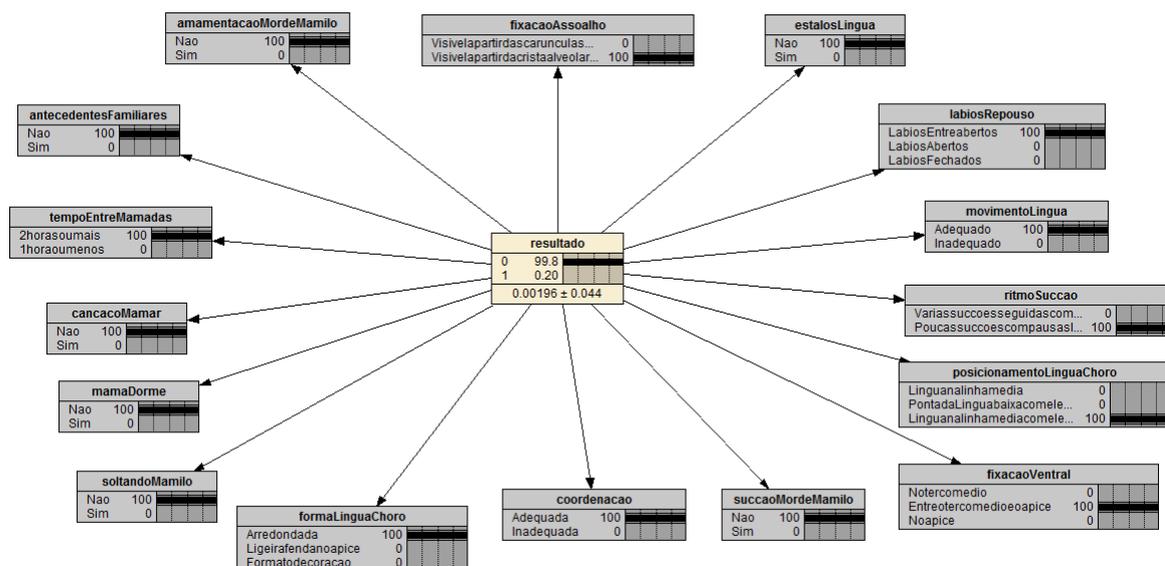


Figura 48 – Exemplo de situação simulada na rede.

Neste exemplo, pode-se observar que a saída da rede foi de uma probabilidade maior (99,8%) para frênulo normal com esta entrada. Dessa forma, atualizando a tabela acima, tem-se a Tabela 5 acrescentando o resultado da rede bayesiana.

Tabela 5 – Comparação de resultados com rede bayesiana.

	Av. Médica	Av. RNA	Av. Bayes.	Recomendações
Participante 1	Alterado	Alterado	Alterado	Não há recomendações
Participante 2	Alterado	Alterado	Alterado	Não há recomendações
Participante 3	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 4	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 5	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 6	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 7	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 8	Normal	Alterado	Alterado	Recomendável verificar se os dados estão corretos
Participante 9	Normal	Normal	Normal	Não há recomendações
Participante 10	Alterado	Alterado	Alterado	Não há recomendações

É importante observar que no caso do Participante 8, o resultado da rede bayesiana foi similar ao resultado da RNA, aumentando as chances de erro por parte do profissional que realizou o teste.

6 Conclusões

Este trabalho apresentou um sistema de apoio à decisão na realização e acompanhamento do teste da linguinha, utilizando, para isso, redes neurais artificiais e redes bayesianas, capazes de classificar o frênulo da língua de bebês, emitindo alertas e recomendações em função do pré-diagnóstico realizado, auxiliando, assim, o diagnóstico médico.

O uso de redes neurais artificiais permitiu a avaliação dos dados do teste, pré-diagnóstico, emissão de alertas e recomendações aos profissionais de saúde, atendendo assim, às expectativas que se tinha com a técnica em relação ao objetivo proposto.

Redes bayesianas mostraram-se como uma opção bastante relevante para a extração do conhecimento da base de dados em questão. A análise estatística dos dados pode vir a contribuir para a validação das informações e possibilitar oportunidades em trabalhos futuros.

A principal contribuição desta dissertação de mestrado foi especificar e implementar um sistema de apoio, baseada em RNA e redes bayesianas, para atender às exigências para o suporte e o acompanhamento dos profissionais de saúde na execução do teste da linguinha, realizado a partir de dados reais e de contato com os especialistas médicos.

Além desta, destacam-se outras: desenvolvimento de módulo para o acesso ao sistema por meio de dispositivos móveis; desenvolvimento de módulo para o acesso ao sistema por meio de navegadores *web*; análise e validação dos dados inseridos; modelagem e criação de uma rede neural artificial para análise e classificação de dados reais do teste da linguinha; criação do banco de dados padrão ouro, relacionado ao teste da linguinha; modelagem e criação de uma rede bayesiana para extração de conhecimento do banco de dados criado; acesso remoto aos serviços disponibilizados; utilização e validação do sistema desenvolvido no trabalho.

Como contribuições para trabalhos futuros destacam-se:

- treinamento e teste da RNA com uma quantidade maior de registros;
- teste da rede bayesiana com um número maior de registros e avaliação, se os números tendem a se manter;
- levantamento estatístico da influência que cada variável do protocolo possui no resultado final do teste;
- emissão de relatório aos pacientes;

-
- desenvolvimento de um módulo destinado aos pacientes;
 - implantação do sistema em ambiente real;
 - implantação de módulo para monitoramento da utilização do sistema, gerando informações e estatísticas sobre uso, de modo a subsidiar a tomada de decisão dos gestores públicos em relação aos investimentos e intervenções voltadas ao teste da linguagem.

Referências

- AGARWAL, S.; PANDEY, G. Human computer interface design for neonatal intensive care with data mining. In: *Intelligent Human Computer Interaction (IHCI), 2012 4th International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–6.
- AGUIA, A.; CARDOSO, M.; LÚCIO, I. Teste do reflexo vermelho: forma de prevenção à cegueira na infância. In: *Revista Brasileira de Enfermagem REBEn*. [S.l.: s.n.], 2007.
- AL-SHAYEA, Q. K. Artificial neural networks in medical diagnosis. In: *International Journal of Computer Science Issues*. [S.l.]: MIS Department, Al-Zaytoonah University of Jordan. Amman, Jordan, 2011.
- BEN-GAL, I. Bayesian networks. In: *Encyclopedia of Statistics in Quality and Reliability, Wiley and Sons*. [S.l.]: Ruggeri F., Faltin F. and Kenett R., 2007.
- BITTENCOURT, G. Inteligência artificial: ferramentas e teorias 3ed. In: *Santa Catarina - Brasil, ISBN 9788532801388*. [S.l.: s.n.], 2006.
- BLAYA, J. A.; FRASER, H. S. F.; HOLT, B. E-health technologies show promise in developing countries. In: *Hope - The People-to-People Health Foundation, Inc*. [S.l.: s.n.], 2010.
- BOUDALI, H.; DUGAN, J. B. A discrete-time bayesian network reliability modeling and analysis framework. In: *Reliability Engineering and System Safety*. [S.l.]: University of Virginia, School of Engineering and Applied Science, ECE Department, Thornton Hall, 2004.
- BOUWSTRA, S.; CHEN, W.; FEIJS, L.; OETOMO, S. Smart jacket design for neonatal monitoring with wearable sensors. In: *Wearable and Implantable Body Sensor Networks, 2009. BSN 2009. Sixth International Workshop on*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 162–167.
- BRASIL. Lei 8060, de 13 de julho de 1990. In: . [s.n.], 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8069.htm>.
- BRASIL. Lei 12.303, de 2 de agosto de 2010. In: . [s.n.], 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12303.htm>.
- BRASIL. Lei 13.002, de 20 de junho de 2014. In: . [s.n.], 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13002.htm>.
- BRESSAN, N.; JAMES, A.; MCGREGOR, C. Trends and opportunities for integrated real time neonatal clinical decision support. In: *Biomedical and Health Informatics (BHI) IEEE-EMBS International Conference*. [S.l.: s.n.], 2012.
- BROOKES, A.; BOWLEY, D. M. Tongue tie: The evidence for frenotomy. In: *Early Human Development*. [S.l.]: Heart of England NHS Foundation Trust, Bordesley Green East, Birmingham B9 5SS, United Kingdom, 2014.

- BURTON, P.; DENG, J.; MCDONALD, D.; FEWTRELL, M. S. Real-time 3d ultrasound imaging of infant tongue movements during breast-feeding. In: *Early Human Development*. [S.l.: s.n.], 2013.
- CAMPOS, P. R. J.; OLIVEIRA, S. A. de J.; LIMA, A. X. de; SILVA, A. B. da; VIEIRA, V. R. C. Atuação fonoaudiológica na atenção primária na saúde proposta para prefeitura municipal de Curitiba - pr. In: *SEMINÁRIO NACIONAL DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO*. [S.l.: s.n.], 2013.
- CHATTERJEE, K.; LAM, H.; ROBUCCI, R.; RAO, G.; KOSTOV, Y. Low-cost fluorescence-based temperature sensing system for neonatal care. In: *SENSORS, 2013 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1–4. ISSN 1930-0395.
- CHEN, W.; NGUYEN, S. T.; BOUWSTRA, S.; COOPS, R.; BROWN, L.; OETOMO, S. B.; FEIJS, L. Design of wireless sensor system for neonatal monitoring. In: *Mobility and Security (NTMS), 4th IFIP International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2011.
- CONSULTING, V. W. mhealth for development: The opportunity of mobile technology for healthcare in the developing world. In: WASHINGTON, D.; BERKSHIRE, U. U. F.-V. F. P. (Ed.). [S.l.: s.n.], 2009.
- Departamento de Cardiologia e Neonatologia da SBP. Diagnóstico precoce de cardiopatia congênita crítica: oximetria de pulso como ferramenta de triagem neonatal. In: *Departamento de Cardiologia e Neonatologia da SBP*. [S.l.: s.n.], 2011.
- DIAS, L. R. A revolução da mobilidade: o celular no Brasil de símbolo de status a instrumento de cidadania. In: *São Paulo: Plano Editorial*. [S.l.: s.n.], 2002.
- DYBOWSKI, R.; GANT, V. Clinical applications of artificial neural network. In: . [S.l.]: Cambridge University Press, 2007.
- ESGOV. Sesa reforça a importância de realizar o teste do pezinho na primeira semana de vida do bebê. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.es.gov.br/Noticias/151279/sesa-reforca-importancia-de-realizar-teste-do-pezinho-na-primeira-semana-de-vida-do-bebe.htm>>.
- GLYNN, R. W.; COLREAVY, M.; ROWLEY, H.; GENDY, S. Division of tongue tie: Review of practice through a tertiary paediatric otorhinolaryngology service. In: *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. [S.l.: s.n.], 2012.
- GOMES, A. G.; Morais Júnior, J. B. M. X.; TIMERMAN, S. Telemedicina e sua aplicação em emergências. In: *TIME - Treinamento Integrado em Medicina de Emergência*. [S.l.: s.n.], 2012.
- HARKOUSS, Y.; FAHS, W.; AYACHE, M. A new algorithm for structure optimization of wavelet neural network. In: . [S.l.]: Islamic University of Lebanon, Faculty of Engineering Khaldeh, Lebanon. *International Journal of Computer Science Issues*, 2011.
- HAYKIN, S. Redes neurais: Princípios e práticas 2ed. In: *Porto Alegre-RS, ISSN 978-85-7307718-6*. [S.l.: s.n.], 2001.
- HEALTH, M. of. *Perinatal Health Indicators for Canada : a Resource Manual*. [S.l.]: Minister of Public Works and Government Services Canada, 2000.

- HEBERT, S.; LEE, V.; MORABITO, M.; POLAN, J. Bayesian network theory. In: . [s.n.], 2007. Disponível em: <https://controls.engin.umich.edu/wiki/index.php?title=Bayesian_network_theory&oldid=61512>.
- HELLMAN, R. Universal design and mobile devices. In: *Proceedings of the 4th international conference on Universal access in human computer interaction: coping with diversity*. [S.l.: s.n.], 2007.
- HONG, P.; LAGO, D.; SEARGEANT, J.; PELLMAN, L.; MAGIT, A. E.; PRANSKY, S. M. Defining ankyloglossia: A case series of anterior and posterior tongue ties. In: *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. [S.l.: s.n.], 2010.
- Hospital CEMA. Teste do reflexo vermelho (teste do olhinho). In: *Hospital CEMA*. [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.cemahospital.com.br/teste-do-olhinho/>>.
- HU, Y. H.; HWANG, J.-N. Handbook of neural network signal processing. In: *Electrical engineering and applied signal processing (Series)*. [S.l.]: CRC Press, 2002.
- IDC. Smartphone vendor market share. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-market-share.jsp>>.
- LANGSETH, H.; PORTINALE, L. Bayesians networks in reliability. In: *Reliability Engineering and System Safety*. [S.l.]: Department of Mathematical Sciences, Norwegian University of Science and Technology, Department of Computer Science, University of Eastern Piedmont, 2007.
- LECHETA, R. R. Google android - aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o android sdk. In: *3 ed.* [S.l.]: Novatec, 2013.
- LEITE, C. R. M. Arquitetura inteligente fuzzy para monitoramento de sinais vitais de pacientes: Um estudo de caso em uti. In: *Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da UFRN, Natal-RN*. [S.l.: s.n.], 2011.
- MARCHESAN, I. Q. Protocolo de avaliação do frênulo da língua. In: *Rev. CEFAC*. [S.l.: s.n.], 2010.
- MARQUEZ, D.; NEIL, M.; FENTON, N. Improved reliability modeling using bayesian networks and dynamic discretization. In: *Reliability Engineering and System Safety*. [S.l.]: Department of Computer Science, Queen Mary, University of London, UK, Agena Ltd, London, UK, 2010.
- MARTINELLI, R. L. de C.; MARCHESAN, I. Q.; BERRETIN-FELIX, G. Protocolo de avaliação do frênulo da língua para bebês: Relação entre aspectos anatômicos e funcionais. In: *Rev. CEFAC*. [S.l.]: São Paulo, 2013.
- Ministério da Saúde e Organização Pan-Americana de Saúde. *Manual AIDPI Neonatal*. 3. ed. [S.l.]: Ministério da Saúde, 2012. (Serie A. Normas e Manuais Técnicos).
- MIRANDA, M. A.; DOGGET, A. M.; EVANS, J. T. Medical technology - contexts and content in science and technology. In: *National Science Foundation*. [S.l.: s.n.], 2005.
- MYSQL. Why mysql? In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.mysql.com/why-mysql>>.

NETICA. Netica application. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <<https://www.norsys.com/netica.html>>.

O'CALLAHAN, C.; MACARY, S.; CLEMENTE, S. The effects of office-based frenotomy for anterior and posterior ankyloglossia on breastfeeding. In: *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. [S.l.: s.n.], 2013.

ORACLE. Java se development kit 8. In: . [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>>.

PAGLIARE, C.; SLOAN, D.; GREGOR, P.; SULLIVAN, F.; DETMER, D.; KAHAN, J. P.; OORTWIJN, W.; MACGILLIVRAY, S. What is ehealth?: a scoping exercise to map the field. In: *J Med Internet Res*. [S.l.: s.n.], 2005.

Portal Brasil. *Teste do Coraçõozinho agora é obrigatório no SUS*. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/06/teste-do-coracaozinho-agora-e-obrigatorio-na-triagem-neonatal-do-sus>>.

PORTELINHA, M. Redes neurais artificiais para previsão da qualidade em carnes. In: *Dissertação(Mestrado) - Mestrado em Sistema de Informação - Universidade do Minho - Minho*. [S.l.: s.n.], 2006.

RAY, S.; DOGRA, D.; BHATTACHARYA, S.; SAHA, B.; BISWAS, A.; MAJUMDAR, A.; MUKHERJEE, J.; MAJUMDAR, B.; SINGH, A.; PARIA, A.; MUKHERJEE, S.; BHATTACHARYA, S. A web enabled health information system for the neonatal intensive care unit (nicu). In: *Services (SERVICES), 2011 IEEE World Congress on*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 451–458.

REZENDE, S. O. Sistemas inteligentes - fundamentos e aplicações. In: *Barueri - SP: Manote, ISBN 8520416837*. [S.l.: s.n.], 2003.

SALLES, I. M. M. d. S. M. O conhecimento das mães acerca do teste do pezinho em uma unidade básica de saúde. In: *REVISTA DE PESQUISA: Cuidado é Fundamental REPEF On line*. [S.l.: s.n.], 2009.

SANTOS, J. F. dos; MEDEIROS, H. E. G. B. de; SIZILIO, G. R. M. A.; NETO, P. F. R.; GUERREIRO, A. M. G.; MAIA, C.; SOARES, H. B.; DIÓGENES, I. C. F. Application of telemedicine to support in preneonatal care. In: *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. [S.l.: s.n.], 2014.

SAUDENOAR. Teste da orelhinha é disponibilizado no hospital da mulher. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.portalsaudenoar.com.br/teste-da-orelhinha-sera-disponibilizado-no-hospital-da-mulher/>>.

SETHI, N.; SMITH, D.; KORTEQUEE, S.; WARD, V. M.; CLARKE, S. Benefits of frenulotomy in infants with ankyloglossia. In: HOSPITAL WEST YORKSHIRE, U. K. P. (Ed.). [S.l.]: *International Journal of Otorhinolaryngology*, 2013.

Sociedade Brasileira de Triagem Neonatal. *Triagem - O Que é*. 2014. Disponível em: <http://www.sbtn.org.br/pg_triag_oquee.htm>.

SQLITE. About sqlite. In: . [s.n.], 2016. Disponível em: <<http://www.sqlite.org/about.html>>.

- SUN, L.; ERATH, A. A bayesian network approach for population synthesis. In: *Transportation Research Part C*. [S.l.]: Future Cities Laboratory, Singapore-ETH Centre, Singapore, The Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2015.
- SUNG, C.; KAMATH, R.; CUI, Y.; OUYANG, C.; CARSTENS, E.; RAMOS, R.; ODEN, Z. Design of a novel mechanical syringe pump for neonatal care in low-resource settings. In: *Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2011 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 78–83.
- TAKIZAWA, H.; CHIDA, T.; KOBAYASHI, H. Evaluating computational performance of backpropagation learning on graphics hardware. In: *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*. [S.l.]: Tohoku University, Sendai, Japan, 2009.
- TITI, X.; LAFUENTE, C. B.; SEIGNEUR, J.-M. Trust management for selecting trustworthy access points. In: *International Journal of Computer Science Issues*. [S.l.]: University of Geneva, 7 route de Drize, Carouge, CH1227, Switzerland, 2011.
- WEKA. Weka 3: Data mining software in java. In: . [s.n.], 2015. Disponível em: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.
- WHO. *mHealth: New horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth*. [S.l.]: World Health Organization, 2011.
- ZHONG, X. yu. The research and application of web log mining based on the platform weka. In: *SciVerse ScienceDirect*. [S.l.]: Advanced in Control Engineering and Information Science, School of Computer Science, Jiaying University, Meizhou, Guangdong, China, 2011.
- ZOCOLI, A. M. F.; RIECHEL, F. C.; ZEIGELBOIM, B. S.; MARQUES, J. M. Audição: abordagem do pediatra acerca dessa temática. In: *REVISTA BRASILEIRA DE OTORRINOLARINGOLOGIA*. [S.l.: s.n.], 2006.

Anexo I

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO FRÊNULO DA LÍNGUA EM BEBÊS Martinelli, 2015

HISTÓRIA CLÍNICA

Nome: _____
Data do Exame: ___/___/___ DN: ___/___/___ Idade: ___ Gênero: M () F ()
Nome da mãe: _____
Nome do pai: _____
Endereço: _____ nº: _____
Bairro: _____ Cidade/Estado: _____ CEP: _____
Fones: residencial: () _____ trabalho: () _____ celular: () _____
Endereço eletrônico: _____

Antecedentes Familiares

(investigar se existem casos na família com alteração de frênulo da língua)

() não (0) () sim (1) Quem e qual o problema: _____

Problemas de Saúde

() não () sim Quais: _____

Amamentação:

- intervalo entre as mamadas: () 2h ou mais (0) () 1h ou menos (2)
- cansaço para mamar? () não (0) () sim (1)
- mama um pouquinho e dorme? () não (0) () sim (1)
- vai soltando o mamilo? () não (0) () sim (1)
- morde o mamilo? () não (0) () sim (2)

Total da história clínica: Melhor resultado= 0 Pior resultado= 8

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO FRÊNULO DA LÍNGUA EM BEBÊS
Martinelli, 2015

EXAME CLÍNICO (sugere-se filmagem para posterior análise)

PARTE I – AVALIAÇÃO ANATOMOFUNCIONAL (TRIAGEM NEONATAL)

1. Postura de lábios em repouso



() lábios fechados (0)



() lábios entreabertos (1)



() lábios abertos (1)

2. Tendência do posicionamento da língua durante o choro



() língua na linha média (0)



() língua elevada (0)



() língua na linha média com elevação das laterais (2)



() ponta da língua baixa com elevação das laterais (2)

3. Forma da ponta da língua quando elevada durante o choro ou manobra de elevação



() arredondada (0)



() ligeira fenda no ápice (2)



() formato de "coração" (3)

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO FRÊNULO DA LÍNGUA EM BEBÊS
Martinelli, 2015

4. Frênulo da língua



() é possível visualizar



() não é possível visualizar



() visualizado com manobra*

* Manobra de elevação e posteriorização da língua.

NO CASO DE NÃO OBSERVÁVEL VÁ PARA A PARTE II (Avaliação da Sucção não Nutritiva e Nutritiva)

4.1. Espessura do frênulo



() delgado (0)



() espesso (2)

4.2. Fixação do frênulo na face sublingual (ventral) da língua



() no terço médio (0)



() entre o terço médio e o ápice (2)



() no ápice (3)

4.3. Fixação do frênulo no assoalho da boca



() visível a partir das carúnculas sublinguais (0)



() visível a partir da crista alveolar inferior (1)

Total da Avaliação anatomofuncional (itens 1, 2, 3 e 4): Melhor resultado= 0 Pior resultado= 12

Quando a soma dos itens 1, 2, 3 e 4 da avaliação anatomofuncional for igual ou maior que 7, pode-se considerar a interferência do frênulo nos movimentos da língua, necessitando liberação.

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO FRÊNULO DA LÍNGUA EM BEBÊS
Martinelli, 2015

PARTE II – AVALIAÇÃO DA SUCCÃO NÃO NUTRITIVA E NUTRITIVA

1. Sucção não nutritiva (sucção do dedo mínimo enluvado)

1.1. Movimento da língua

- () adequado: anteriorização de língua, movimentos coordenados e sucção eficiente (0)
() inadequado: anteriorização de língua limitada, movimentos incoordenados e atraso para início da sucção (1)

2. Sucção Nutritiva na Amamentação

(na hora da mamada, observar o bebê mamando durante 5 minutos)

2.1. Ritmo da sucção (observar grupos de sucção e pausas)

- () várias sucções seguidas com pausas curtas (0)
() poucas sucções com pausas longas (1)

2.2. Coordenação entre sucção/deglutição/respiração

- () adequada (0) (equilíbrio entre a eficiência alimentar e as funções de sucção, deglutição e respiração, sem sinais de estresse)
() inadequada (1) (tosse, engasgos, dispneia, regurgitação, soluço, ruídos na deglutição)

2.3. “Morde” o mamilo

- () não (0)
() sim (1)

2.4. Estalos de língua durante a sucção

- () não (0)
() sim (1)

Total da avaliação da sucção não nutritiva e nutritiva: Melhor resultado= 0 Pior resultado= 5

TOTAL GERAL DA HISTÓRIA E DO EXAME CLÍNICO: Melhor resultado= 0 Pior resultado= 25

Soma dos escores do EXAME CLÍNICO (avaliação anatomofuncional e avaliação da sucção não nutritiva e nutritiva):

Escores 0 a 8: não há interferência do frênulo nos movimentos da língua ()
Escores 9 ou mais: há interferência do frênulo nos movimentos da língua, necessitando liberação. ()

Soma dos escores da HISTÓRIA e do EXAME CLÍNICO:

Escores 0 a 12: não há interferência do frênulo nos movimentos da língua ()
Escores 13 ou mais: há interferência do frênulo nos movimentos da língua, necessitando liberação. ()