

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM INDÚSTRIAS CRIATIVAS



**LungCast: uma plataforma de compartilhamento e análise
interativa da ausculta pulmonar**

Recife

2023

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM INDÚSTRIAS CRIATIVAS



LungCast: uma plataforma de compartilhamento e análise interativa da ausculta pulmonar

Projeto de pesquisa de Nelson Henrique Lopes de Moraes. O projeto será desenvolvido no Mestrado Profissional em Indústrias Criativas da Universidade Católica de Pernambuco, sob a orientação do Prof. Dr Anthony Lins e co-orientação do Prof. Dr Dario Brito.

Recife

2023

M8271 Moraes, Nelson Henrique Lopes de.
LungCast : uma plataforma de compartilhamento e análise interativa da ausculta pulmonar / Nelson Henrique Lopes de Moraes, 2023.
52 f. : il.

Orientador: Anthony José da Cunha Carneiro Lins
Coorientador: Dario Brito Rocha
Relatório técnico (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Indústrias Criativas. Mestrado Profissional em Indústrias Criativas, 2023.

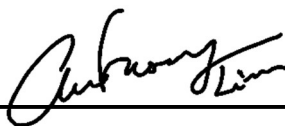
1. Auscultação. 2. Pulmões - Doenças. 3. Saúde pública.
4. Redes neurais (Computação). 5. Indústrias culturais. I. Título.

CDU 615.816

Pollyanna Alves – CRB4/1002

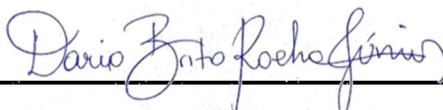
FOLHA DE APROVAÇÃO**NELSON HENRIQUE LOPES DE MORAES****LUNGCAS: UMA PLATAFORMA DE COMPARTILHAMENTO E ANÁLISE INTERATIVA DA AUSCULTA PULMONAR**

Trabalho de Conclusão do Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Indústrias Criativas - Mestrado Profissional da Universidade Católica de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Indústrias Criativas.

Data de aprovação – 15/03/2023**BANCA EXAMINADORA**

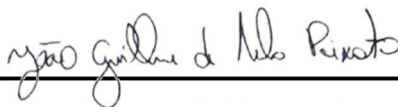
Prof. Dr. Anthony José da Cunha Carneiro Lins (presidente da banca examinadora)

Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



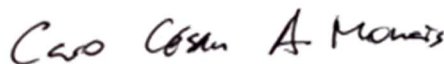
Prof. Dr. Dario Brito Rocha (Titular interno)

Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Prof. Dr. João Guilherme de Melo Peixoto (Titular interno)

Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Prof. Dr. Caio Cesar Araújo Moraes

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Recife**2023**

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer a importância daqueles que influenciaram, tornaram possível e até mesmo fizeram parte do processo. Desta forma, primeiramente, agradeço a Deus, pois mesmo em meio a pandemia, me deu forças e me sustentou durante todo o percurso do mestrado. Agradeço a minha esposa, Fabiana e minhas filhas Ana Beatriz e Giovanna, pela compreensão nas minhas ausências e por todo o apoio durante essa trajetória. Pelas palavras de conforto e incentivo. Confiaram em mim e me apoiaram, me dando o tempo e o carinho que eu precisava, foram importantes demais nessa jornada. Também não posso esquecer da trajetória que me trouxe até aqui, da minha tia Lalá por toda ajuda que me deu ainda na infância e adolescência, também sou grato aos amigos, que estiveram juntos, me apoiando e orando para que tudo desse certo.

Aos meus queridos orientadores e amigos, Dr. Anthony Lins e Dr. Dario Brito, os quais me mostraram um mundo novo que de fato mudou minhas perspectivas e me incentivaram e orientaram com uma maestria impressionante. Levarei não apenas o conhecimento, mas a forma, a paciência e a dedicação.

Na reta final uma pessoa foi fundamental, meu amigo João Lucas Negromonte, aluno do curso de Design Gráfico, com sua ajuda imprescindível no desenvolvimento do protótipo navegável.

Minha gratidão é extensível a todos que participaram deste processo, cada professor teve sua contribuição, foram momentos muito ricos em todas as disciplinas cursadas.

Minha gratidão ainda a duas pessoas, que julgo responsáveis pelo meu ingresso nesse programa de mestrado, o Dr. Juliano Domingues, mais que um professor, foi um amigo e um mentor; e o Dr. Luiz Vital Cunha, que foi e é uma fonte de inspiração e por também enxergar em mim potenciais que eu mesmo desconhecia.

RESUMO

Introdução: Apesar da ausculta pulmonar ser um método já consagrado na prática clínica, sofre críticas no que diz respeito a acurácia, reprodutibilidade e assertividade. No entanto, quando submetida a métodos mais sofisticados, têm-se demonstrado eficácia no diagnóstico, dispensando a utilização de métodos mais onerosos.

Objetivos: O presente projeto, visa o desenvolvimento de uma ferramenta que otimize a utilização dos estetoscópios eletrônicos, com a possibilidade de captação, gravação, transmissão e análise dos sons da ausculta respiratória *in loco* ou de forma remota. **Metodologia:** A elaboração do presente projeto cumpriu as seguintes etapas: 1) revisão da literatura acerca da ausculta pulmonar; 2) aplicação de questionário o qual foi baseado na escala Likert e revelou a percepção do público de profissionais de saúde acerca da acurácia da ausculta, da nomenclatura utilizada, na percepção dos dispositivos eletrônicos e dos meios de interação como plataformas e por fim realizada uma avaliação da ausculta através da disponibilização de 05 sons respiratórios, sendo a maior assertividade para os sons normais e os sibilos; 3) análise de similares a qual se deu pela busca de aplicativos nas lojas virtuais Google Play Store e Apple Store, sendo encontrados 46 aplicativos dos quais apenas 02 se aproximaram ao proposto na corrente plataforma; 4) elaboração do desenho virtual para interface gráfica; 5) a confecção de um protótipo navegável. **Conclusão:** Ao colocar esta ferramenta à disposição da comunidade científica e da sociedade, esperamos contribuir de forma significativa com a mudança na forma de auscultar, ensinar e sobretudo de como prestar serviços à distância, o que possibilitará não apenas o diagnóstico mas facilitará tratamento e avaliações necessárias inclusive a segurança social.

Palavras-chaves: Sons respiratórios; estetoscópio; compartilhamento em saúde; indústrias criativas; rede neural.

ABSTRACT

Introduction: Despite pulmonary auscultation being a well-established method in clinical practice, it faces criticism regarding its accuracy, reproducibility, and reliability. However, when subjected to more sophisticated methods, it has shown efficacy in diagnosis, obviating the need for more costly approaches. **Objectives:** The present project aims to develop a tool that optimizes the use of electronic stethoscopes, allowing for the capture, recording, transmission, and analysis of respiratory auscultation sounds on-site or remotely. **Methodology:** The development of this project consisted of the following steps: 1) literature review on pulmonary auscultation; 2) application of a questionnaire based on the Likert scale, which assessed the perception of healthcare professionals regarding the accuracy of auscultation, the terminology used, the perception of electronic devices, and interaction methods such as platforms. Additionally, an evaluation of auscultation was conducted by providing 05 respiratory sounds, with greater accuracy observed for normal sounds and wheezing; 3) analysis of similar tools through the search for applications in the virtual stores, Google Play Store and Apple Store, resulting in 46 applications, of which only 02 closely aligned with the proposed platform; 4) development of a virtual design for the graphical interface; 5) creation of a navigable prototype. **Conclusion:** By making this tool available to the scientific community and society, we hope to contribute significantly to changing the way auscultation is performed, taught, and, above all, to providing distance services, which will not only facilitate diagnosis but also treatment and necessary assessments, including social security.

Keywords: Respiratory Sounds; stethoscope; health sharing; creative industries; neural network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tela para registro inicial de perfil.....	30
Figura 2a: Tela para registro como profissional.....	31
Figura 2b: Ferramentas disponíveis no perfil profissional.....	31
Figura 3a: Esboço da versão profissional contendo a auscultação guiada (visão anterior).....	32
Figura 3b: mostra a progressão da auscultação para o próximo site.....	32
Figura 3c: esboço da versão profissional contendo a auscultação guiada (visão posterior).....	32
Figura 4a: esboço da biblioteca privada.....	33
Figura 4b: esboço da biblioteca livre.....	33
Figura 4c: esboço da biblioteca restrita.....	33
Figura 5a: esboço da ferramenta de ensino.....	34
Figura 5b: ativação do streaming ao vivo com as opções restrita ou aberta.....	34
Figura 6: esboço da ferramenta de análise integral da auscultação.....	35
Figura 7: esboço do acesso à plataforma LungCast utilizando o perfil de estudante.....	36
Figura 7a: modelo de registro.....	36
Figura 7b: ferramentas disponíveis no perfil de estudante.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais características dos aplicativos estudados.....	29
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Percepção dos profissionais de saúde acerca das variáveis que interferem na acurácia da ausculta respiratória.....	22
Gráfico 2: Percepção dos profissionais de saúde acerca dos termos utilizados para descrever a ausculta respiratória.....	23
Gráfico 3: Percepção dos profissionais de saúde acerca do estetoscópio eletrônico e sua utilização.....	24
Gráfico 4: Percepção dos profissionais de saúde acerca da utilização de uma plataforma de ausculta.....	25
Gráfico 5: Assertividade dos profissionais de saúde na correta identificação dos sons respiratórios.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivo geral.....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
4. REVISÃO DA LITERATURA / JUSTIFICATIVA.....	12
4.1. Hardwares utilizados na captação dos sons respiratórios através da ausculta eletrônica.....	13
4.2. Análise do sinal sonoro captado.....	14
4.3. Dados de interesse clínico.....	15
4.4. Potencialidade da ausculta eletrônica.....	16
4.5. Utilização das redes neurais na identificação e reprodução da ausculta pulmonar.....	17
4.6. Indústrias criativas, profissionais de saúde e a evolução da ausculta eletrônica.....	19
5. QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA RELEVÂNCIA DA AUSCULTA ELETRÔNICA.....	21
6. ANÁLISE DE SIMILARES.....	26
7. DESENHO VIRTUAL PARA INTERFACE GRÁFICA DA PLATAFORMA.....	30
7.1. Ausculta guiada e ausculta livre.....	31
7.2. Fonoteca de ausculta.....	32
7.3. Ferramenta teaching.....	33
7.4. Ferramenta learning.....	33
7.5. Ferramenta de análise.....	34
7.6. Salas temáticas: conexão saúde e chat.....	34
7.7. Acesso com perfil estudante.....	35
7.8. Acesso com perfil paciente.....	36
8. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO NAVEGÁVEL.....	36
9. RISCOS, BENEFÍCIOS E DIFICULDADES.....	37
10. RESULTADOS ESPERADOS.....	38

11. IMPACTOS ESPERADOS.....	39
12. CONCLUSÃO.....	39
13. REFERÊNCIAS.....	41
14. ANEXOS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Desde sua criação em 1816 por Laennec, o estetoscópio passou por inúmeras modificações. O próprio Laennec criou inicialmente o modelo em formato de cone de papel o qual foi substituído por um modelo cilíndrico de madeira monoauricular. Em 1851, o primeiro modelo de estetoscópio biauricular foi desenvolvido pelo médico irlandês Arthur Leared, e apresentado no mesmo ano na Grande Exposição de Londres. No ano seguinte, um modelo mais útil, com um tampão para cada ouvido, foi colocado em produção em massa pelo médico George P. Cammann. Em 1894, Robert C.M. Bowles patenteou o modelo biauricular com a presença do diafragma, e pôr fim em 1963 David Littmann patenteou seu estetoscópio, a penúltima geração de estetoscópios (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; b; Ferraz *et al.*, 2011; Henrik e Svend, 2019; Roguin, 2006).

Percebe-se então uma evolução dos dispositivos de captura da ausculta respiratória, e como seria de esperar a interpretação destes sons no que diz respeito a sua gênese, seu significado fisiopatológico e a forma de descrevê-lo. Fatos estes que dificultam a uniformidade na descrição da ausculta, bem como na objetividade em sua interpretação. E, embora seja um dos métodos avaliativos mais antigos, a ausculta respiratória, ainda apresenta barreiras em seu reconhecimento como método científico, sendo considerada pouco confiável em vista do caráter subjetivo e defendido por alguns como passível de interpretações equivocadas as quais quando presentes representam não a falha no recurso e sim limitações do examinador (Bohadana *et al.*, 2020; Brooks e Thomas, 1995; Grunnreis, 2016; Hafke-Dys *et al.*, 2019; Jauhar, 2006; Melbye, 2001; Murphy, R. L. H., 2008; Mussell, 1992; Xavier e Melo-silva, 2019).

A existência de dificuldades no processo auscultatório é inegável, destacando-se: a incapacidade na identificação dos sons respiratórios, aplicação não coerente da nomenclatura, persistência na utilização de terminologias obsoletas, treinamento inadequado, pouca experiência em avaliação clínica, déficit de conhecimento fisiopatológico, requerer boa acuidade auditiva e escassez de métodos que sejam objetivos. Além disso os estetoscópios acústicos não são instrumentos ideais para detectar sons respiratórios, pois modificam os sons dentro do espectro de interesse clínico, interferindo na faixa de frequência captada, que pode sofrer atenuações em torno de 120 Hz, tornando alguns dos sons emitidos imperceptíveis ao ouvido humano (Bohadana *et al.*, 2020; Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Grunnreis, 2016; Pasterkamp *et al.*, 2016; Reichert *et al.*, 2008; Xavier e Melo-silva, 2019; Xavier, Amado e Santos, 2014).

Em virtude destas limitações e buscando uniformidade na interpretação da ausculta, a American Thorax Society propôs em 1977 uma nomenclatura que substituiu aquela anteriormente descrita, apontando aspectos físicos como interrupção dos sons (sons descontínuos) no caso dos crepitanes, ou contínuos no caso dos sibilos e roncos. Além desse conhecimento básico acerca dos sons respiratórios, o nível de entendimento foi expandido em virtude das novas tecnologias, sendo possível determinar diversas características como amplitude, frequência e duração dos sons. Desta forma se consegue não apenas identificar um tipo de som, mas também avaliar as suas peculiaridades e distinguir os sons de acordo com as patologias (Hafke-Dys *et al.*, 2019; Pasterkamp *et al.*, 2016).

Apesar dos esforços despendidos por diversas associações médicas, o estetoscópio acústico e por conseguinte a ausculta, são considerados respectivamente, instrumento e técnica pouco confiáveis, tendo em vista a variabilidade na comparação inter observadores e a disponibilidade de outros recursos considerados mais confiáveis como por exemplo a

radiografia torácica, a ultrassonografia e a tomografia computadorizada. No entanto nos últimos anos com o advento da ausculta eletrônica, e sobretudo aquela auxiliada pelos computadores novo interesse retorna sobre a utilização dos estetoscópios, fato percebido pelo crescente número de estudos e maior desenvolvimento de hardwares e softwares (Dede e Sazli, 2010; Grunnreis, 2016; Murphy, R. L., 2008; Schreur *et al.*, 1992).

Não obstante a evolução dos estetoscópios, mantinha-se o analisador, ou seja, o ouvido humano. No entanto em 1999, foi patenteado pela Medicom Innovation Partner, o primeiro estetoscópio eletrônico, eles utilizaram tecnologia de processamento digital de sinais com transferência digital para o computador, levando assim os estetoscópios do mundo mecânico e analógico para o mundo digital, com inúmeras possibilidades de documentação e processamento de dados (Ferraz *et al.*, 2011; Henrik e Svend, 2019; Markel, 2006).

Os sons respiratórios apresentam-se em uma frequência que vai de 50 a 2000 Hertz, parte destes sons são de difícil distinção ao ouvido humano, desta forma melhorias na captação dos sons e a utilização de ferramentas que permitam a representação visual dos mesmos como: a transformada de Fourier, o método de queda d'água, espectrograma ou ainda a transformada discreta wavelet, tornou capaz a avaliação objetiva (Azmy, 2015; Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Sanchez e Maciel, 2008).

A ausculta eletrônica vem passando por inúmeros melhoramentos que possibilitaram a esta técnica o status de avaliação objetiva tendo em vista que os sinais captados passaram por tratamento sendo passíveis a retirada de ruídos, a distinção entre os diversos sons captados, eliminação do som vesicular dos crepitanes, supressão da ausculta cardíaca permitindo que a ausculta respiratória seja analisada isoladamente possibilitando uma ausculta mais fidedigna (Gurung *et al.*, 2011; Leal *et al.*, 2016; Leng *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017; Obulesu, Mahendra e Thrilokreddy, 2018).

Ao levar em consideração as vantagens obtidas com a utilização dos estetoscópios eletrônicos como: a possibilidade da utilização da inteligência artificial na construção de aprendizado de máquina; interpretações da ausculta de forma objetiva, intuitiva e acessível; e tornar mais fácil o aprendizado dos sons pulmonares aos profissionais de saúde, parece haver uma falta de conexão com seus usuários finais, uma vez que estas novas possibilidades encontram-se ainda restritas, quase predominantemente ao campo de ensino e pesquisa. Desta forma, a presente pesquisa visa reduzir as barreiras a utilização da ausculta eletrônica, através da criação de uma plataforma que visa integrar coleta, transmissão e análise dos sons auscultados (Abbasi *et al.*, 2013; Andrès *et al.*, 2018; Bahoura e Pelletier, 2005; Kim *et al.*, 2022; Obulesu, Mahendra e Thrilokreddy, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta que otimize a utilização dos estetoscópios eletrônicos, com a possibilidade de captação, gravação, transmissão e análise dos sons da ausculta respiratória *in loco* ou de forma remota.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento bibliográfico de referências;
- Analisar aplicativos similares;
- Desenvolver as ferramentas que farão parte da plataforma;
- Elaboração de questionário acerca da ausculta
- Determinar a frequência, amplitude e duração dos sons da ausculta respiratória;
- Elaborar protótipo navegável.

3. METODOLOGIA

As possibilidades acerca da criação de um dispositivo que a partir da ausculta pulmonar seja capaz de: armazenar, transferir, compartilhar, alimentar uma rede neural, processar as informações, decodificar os seus sinais, analisar, quantificar e identificar através das peculiaridades e distinção dos sons as possíveis doenças, poderão maximizar a utilidade dos estetoscópios eletrônicos (Hashemi, Arabalibiek e Agin, 2011; Himeshima et al., 2012; Li et al., 2017).

Para a o desenvolvimento do protótipo do dispositivo foi necessário, sobretudo o embasamento teórico, além de diversas etapas que se mostraram imprescindíveis. A realização do presente projeto, foi dividida da seguinte forma: revisão da literatura acerca da ausculta pulmonar; realização de questionário para avaliar o nível de relevância acerca das inovações propostas pela ausculta eletrônica; realização de uma análise de similares acerca dos dispositivos (softwares) disponíveis nas lojas de aplicativos apple store e Google play store cuja funcionalidade estivesse relacionada a ausculta pulmonar; a realização de um desenho virtual para interface gráfica da plataforma e o desenvolvimento de um protótipo navegável com base na interface gráfica apresentada.

4. REVISÃO DA LITERATURA / JUSTIFICATIVA

A revisão de literatura contida neste referencial teórico foi realizada utilizando-se os seguintes descritores: ausculta pulmonar, estetoscópio eletrônico, aprendizado de máquina e rede neural, bem como suas correspondentes na língua inglesa: *lung sounds; electronic stethoscope; machine learning, neural network and creative industries*. Com o intuito didático, o presente tópico consta de uma breve introdução acerca da ausculta respiratória, seguida de subtópicos que especificarão aspectos relevantes da ausculta e seus desfechos.

Desde a sua invenção o estetoscópio tem sido uma ferramenta de valor incalculável, no entanto ao longo dos anos, sua eficácia tornou-se questionável principalmente em virtude de mostrar-se um método subjetivo. Fato que, com o surgimento dos estetoscópios eletrônicos, parecia estar com tais limitações resolvidas tendo em vista as novas possibilidades em sua aplicabilidade, no entanto seu uso não se difundiu com o tempo muito provavelmente por tratar-se de um recurso de alto custo e com raras exceções usado predominantemente para ensino e pesquisa (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Brooks e Thomas, 1995; Grunnreis, 2016; Hafke-Dys et al., 2019; Haider et al., 2018; Sovijärvi, Vanderschoot e Earis, 2000).

A utilização de estetoscópios eletrônicos auxiliados por computadores com algoritmos para processamento de sinais bem como a possibilidade da utilização da inteligência artificial na construção de aprendizado de máquina facilita a utilização destes recursos de forma a tornar as interpretações da ausculta mais fáceis e acessíveis aos profissionais de saúde em especial aqueles que não detêm expertise. Sendo o objetivo tornar o estetoscópio uma ferramenta que proporciona um diagnóstico assertivo e objetivo (Dede e Sazli, 2010; Emmanouilidou *et al.*, 2018; Leng *et al.*, 2015).

A ausculta realizada através de um estetoscópio eletrônico fornece uma série de vantagens sendo a acurácia e possibilidade de análise objetiva o ponto fundamental, uma vez que o procedimento de ausculta além de ser barato é isento de radiação e possibilita diagnóstico precoce seja de doenças cardíacas como também doenças do sistema respiratório (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a).

A detecção de sons anormais, bem como a análise de características destes sons além de otimizar os recursos gastos com saúde possibilitam o acesso a uma avaliação de qualidade à grande parte da população que não tem condições de pagar por exames mais complexos. Exames estes que quando solicitados geram demanda superior a capacidade e acarretam filas de esperas que duram meses ou até mesmo anos criando um grave problema de saúde pública, retardando o tratamento e reduzindo as chances de cura (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Bosubabu Sambana, 2017).

Uma das estratégias também utilizadas com o intuito de amenizar a desuniformidade entre a demanda e a capacidade dos sistemas de saúde é o atendimento remoto através da telemedicina sendo justamente a incapacidade de ausculta pulmonar e cardíaca um dos obstáculos, uma vez que sem estes recursos uma avaliação plena e detalhada não é possível tornando limitado o exercício da medicina a distância (Alanzi e Al-Yami, 2019; Boukhris *et al.*, 2020).

4.1 Hardwares utilizados na captação dos sons respiratórios através da ausculta eletrônica

Existem diversos dispositivos para a captação dos sons dentre os sensores destacam-se os piezoelétricos, os quais apresentam distorção dos sons; os capacitivos os quais são a melhor escolha pensando em qualidade e custo-benefício; os microfones que apesar de mais econômicos apresentam captação de muitos ruídos externos. Para permitir a análise dos sons os mesmos devem ser tratados com a eliminação dos ruídos como por exemplo fala, movimento, ruídos do sistema digestivo, ruídos cardíacos, tosse, deglutição e ruídos externos (Gurung *et al.*, 2011; Himeshima *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2017; Vannuccini *et al.*, 2000; Watrous, Grove e Bowen, 2002).

No caso do sensor capacitivo o diafragma responde à onda sonora, preserva o som de um estetoscópio acústico com o benefício de uma amplificação dos sons. Alguns modelos possuem também os filtros de frequência podendo ser modulados para ausculta cardíaca ou respiratória facilitando de imediato a adequada identificação dos sons. Aliando-se a estes recursos, alguns estetoscópios eletrônicos permitem o emparelhamento via Bluetooth com os smartphones tornando possível a transmissão da ausculta tanto para compartilhamento, armazenamento ou ainda análise em unidade remota (Leng *et al.*, 2015).

No processo de ausculta é necessário conhecimento clínico, sendo esse agora facilitado pelos recursos disponíveis tanto nos estetoscópios eletrônicos, como nos programas desenvolvidos que facilitam sua utilização. No entanto, no tocante a aplicativos disponíveis para smartphones existe uma limitação de recursos sendo as plataformas mais utilizadas para a captação e compartilhamento dos sons cardíacos (Leng *et al.*, 2015; Mamorita *et al.*, 2017).

A captação de sons durante ausculta eletrônica pode se dar de forma pontual, ou de forma simultânea onde todos os pontos podem ser captados ao mesmo tempo. Apesar de diversas avaliações sejam de imagens ou provas funcionais se mostrarem como relevantes na avaliação do sistema respiratório nenhum deles substitui a ausculta respiratória, seja pela praticidade baixo custo e ainda a capacidade de detectar alterações de forma mais precoce tendo em vista estas não serem identificáveis ainda por outros meios (Andrès *et al.*, 2018).

4.2 Análise do sinal sonoro captado

Apesar de fundamental, a quantificação e análise dos sons captados, vem ganhando precisão na decodificação dos sons, incluindo diversas ferramentas, no entanto, este avanço tecnológico não encontrou a sintonia necessária com seu usuário final: os profissionais de saúde. Ao se avaliar um paciente seja em uma emergência, unidade de terapia intensiva ou até mesmo no atendimento ambulatorial, o tempo para se estabelecer de forma correta o diagnóstico não se encontra em acordo com o tempo dispensado em análises espectrográficas, sendo tais de fundamental importância no ambiente acadêmico e no campo de pesquisas. Já os profissionais que se encontram na linha de frente, onde tempo é um dos principais fatores de agravamento do quadro de saúde, logo maior tempo é considerado como potencializador de disfunções, a necessidade de um recurso que facilite sua conduta, além de confiável, de gerar dados objetivos e reprodutíveis deve ser de fácil usabilidade e apresentar interface amigável (Tilles, 2006; Weinberger e Abu-Hasan, 2007).

O reconhecimento automático dos sons se tornou disponível a partir dos modelos de representação visual da ausculta, sendo predominante a utilização de 03 padrões: coeficiente autorregressivo, coeficiente Cepstral e biespectro diagonal slice. Utilizando estes métodos de reconhecimento, 94,52 % dos padrões de ausculta puderam ser determinadas com precisão (Azmy, 2015; Emmanouilidou *et al.*, 2018; Riella, Nohama e Maia, 2009).

A partir de uma representação gráfica torna-se possível análise matemática, com mensuração dos sons, sendo necessárias ferramentas as quais são de fato equações matemáticas. Dentre as equações as mais frequentemente utilizadas são: transformada discreta Wavelet, transformada discreta de Fourier, transformada rápida de Fourier e o coeficiente cepstral de predição linear. Apesar de amplamente utilizada na representação da ausculta respiratória, a transformada de Fourier, segundo alguns autores não é adequada para a mensuração dos sons pulmonares uma vez que estes são sinais não estáticos e a transformada de Fourier fornece informações dos sinais apenas no domínio da frequência (Pramono, Bowyer e Rodriguez-Villegas, 2017; Reichert *et al.*, 2008; Riella *et al.*, 2003; Rizal, Hidayat e Nugroho, 2017).

Por outro lado, as ferramentas para a representação gráfica das ondas sonoras que apresentam uma janela frequência x tempo (FxT) variável, no caso da transformada Wavelet, sendo o cálculo espectral realizado em microintervalos de tempo ou ainda na análise de coeficiente cepstral de predição linear, cuja avaliação se dá baseada em “pacotes” de ondas, estabelecendo o sinal predito por uma combinação linear dos seus valores passados. A utilização da máquina de vetores de suporte na construção de hiperplanos em um espaço

multidimensional utilizando como referência a transformada discreta Wavelet bem como o coeficiente cepstral de predição linear, conseguiram aprimorar a capacidade de identificação dos sons, chegando corretamente ao percentual de reconhecimento de 95,24% (Dargan *et al.*, 2019; Dias *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2016).

No processo de ausculta é inegável a necessidade do conhecimento clínico, saber reconhecer as alterações dos sons respiratórios bem como o seu significado. No entanto, se em conjunto ao conhecimento clínico for atrelada a necessidade de conhecimento baseado em linguagem computacional para utilização do dispositivo, exigirá dos usuários maior nível de complexidade e, portanto, poderá exercer um papel de barreira para ausculta eletrônica, e minar o interesse dos profissionais de saúde, pelo menos no que diz respeito ao corpo clínico. Desta forma o desenvolvimento de uma plataforma que possa estabelecer a conexão entre a tecnologia já existente e o seu usuário final será de grande valia (Dias *et al.*, 2018; Grzywalski *et al.*, 2019; Leng *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017).

No tocante aos aplicativos disponíveis para *smartphones* foi realizada uma análise previa de similares a qual levou a conclusão que, de forma integrada, nenhum deles realiza captação, transmissão, compartilhamento e análise dos sons respiratórios com sua correspondência de ausculta (ou seja, som normal ou ruídos adventícios), muito menos apontando possíveis patologias.

4.3 Dados de interesse clínico

Os sons respiratórios de acordo com suas características, tanto o tipo de som como o seu local de ausculta, trazem informações que quando relacionadas ao quadro clínico e outros exames complementares possibilitam a identificação de problemas precocemente permitindo ações terapêuticas e preventivas mais eficazes. Podem ser divididos em 2 grandes grupos: os sons respiratórios normais e os ruídos adventícios (Andrès *et al.*, 2018; Azmy, 2015; Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014b; Murphy, R. L. H., 2008; Pasterkamp *et al.*, 2016; Sovijärvi *et al.*, 2000; Staszko *et al.*, 2003).

Dentre os sons respiratórios normais tem-se os sons vesiculares os quais tem como características timbre grave e baixa amplitude, sendo mais audíveis na fase inspiratória e menos audíveis na expiração, compreendendo o primeiro terço desta fase. Sua geração se dá pela passagem do ar nas vias aéreas mais centrais em virtude do fluxo turbulento sendo “abafado” pelo tecido aerado assumindo suas características peculiares. Encontra-se ausente no pneumotórax, derrame pleural, ausência de ventilação ou ainda na pneumectomia. O som vesicular pode ser auscultado nas regiões mais periféricas do tórax (fig. 1).

O som broncovesicular também é considerado um som normal sendo que sua amplitude e frequência maiores que a do som vesicular, além disso intensidade similar na fase ins e expiratória marca a diferença entre este e o som vesicular. O local de ausculta do som bronco vesicular dá-se entre as escápulas na região posterior e região central do tórax. O último som considerado normal é o som traqueal ou brônquico (ao depender do sítio de ausculta), o som considerado traqueal ausculta-se sobre a traqueia logo acima a fúrcula esternal, já o brônquico corresponde ao som traqueal audível na zona de projeção dos brônquios de maior calibre, na face anterior do tórax, nas proximidades da junção manúbrio esternal. Apresenta som de intensidade similar entre inspiração e expiração, sendo esta fase precedida por um curto intervalo de ausência de sons.

Entende-se como sons pulmonares anormais a ausência de som onde deveria haver, ou a presença de som onde não deveria ou a presença dos ruídos adventícios. A presença de som broncovesicular em região mais periférica do pulmão pode significar presença de secreção ou qualquer líquido intrabrônquico o que facilita a transmissão do som, levando o som que seria auscultado em região mais central para a região mais periférica (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a).

Os ruídos adventícios geralmente são divididos em ruídos adventícios contínuos para aqueles com duração maiores que 300 ms. Dentre os sons contínuos os mais comumente encontrados são os sibilos e os roncos. Os sibilos são sons de alta frequência oriundos da passagem de um fluxo aéreo por uma via aérea estreitada já os roncos são sons contínuos de baixa frequência geralmente associados a presença de muco viscoso em vias aéreas. A frequência dos sibilos encontra-se entre 100 e 1000 Hz sendo uma frequência média de 400 Hz. Sibilos quando presentes indicam não apenas obstrução, mas a gravidade da mesma verificando-se a sua duração e fase em que o mesmo se encontra, se inspiratória, expiratória ou em ambas (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Gurung *et al.*, 2011; Quandt *et al.*, 2015; Reichert *et al.*, 2008).

Pode ser encontrado em processos infecciosos como crupe (geralmente afetando crianças menores de 3 anos), coqueluche, laringite, traqueíte e bronquiolite aguda; estenose laríngea, traqueal ou bronco malácia; na presença de tumores laríngeos ou traqueais; aspiração de corpo estranho; compressão das vias aéreas; doença pulmonar obstrutiva crônica; e muito comumente na asma (Reichert *et al.*, 2008; Semedo *et al.*, 2015).

Estridor também é um ruído adventício contínuo geralmente mais intenso na fase inspiratória com frequências menores que 500 Hz, no entanto pode apresentar picos superiores a 1000 Hz. Sua origem se dá pela passagem de fluxo turbulento sob via aérea estreitada na laringe. Outro som também considerado como ruído adventício contínuo é o *squawk* o qual apresenta frequência menor que 500 Hertz e duração maior que 250 ms geralmente ocorre de forma breve na inspiração também considerado como sibilos de curta duração, apresenta-se de forma distinta aos sibilos. Sua gênese credita-se à abertura de via aérea distal a qual encontra-se ocluída em virtude da presença de secreção (Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Dias *et al.*, 2018; Fulanetto e Pitta, 2017; Reichert *et al.*, 2008).

Os ruídos adventícios descontínuos apresentam como seu maior representante os crepitanes, os quais são sons explosivos, intermitentes e de curta duração, cujas causas mais comuns são pneumonia intersticial, edema agudo pulmonar e fibrose pulmonar. Os crepitanes apresentam uma duração média em torno de 20 ms frequência que varia de 50 a 200 Hz (Azmy, 2015; Bohadana, Izbicki e Kraman, 2014a; Brooks e Thomas, 1995; Marques, Bruton e Barney, 2009)

Outros sons descontínuos são os atritos pleurais, podem ser auscultados tanto na inspiração como na expiração, são sons com duração superior a 150 ms e frequência menor que 350 Hz sua origem se dá pela fricção entre a pleura visceral e a parietal, em virtude de aumento da viscosidade do líquido, fibrose ou até mesmo calcificação pleural causados por processo inflamatório ou tumor pulmonar (Bohadana *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2018; Hafke-Dys *et al.*, 2019; Pasterkamp *et al.*, 2016).

4.4 Potencialidade da ausculta eletrônica

A utilização da ausculta eletrônica, no modelo que se apresenta, tem sido uma ferramenta que se propõe a: otimização da ausculta, com filtro de ruídos, o que permite uma melhor experiência auscultatória; gravação dos sons auscultados, possibilitando utilizar ausculta de forma acadêmica ou acompanhar a evolução do paciente; avaliação objetiva com cálculos baseados em frequência, amplitude, duração e comportamento da onda sonora.

No entanto, na prática, os recursos têm sido subutilizados, não justificando para muitos o investimento, uma vez que, o custo da ausculta eletrônica quando comparada ao método tradicional é bem mais onerosa. Partindo desse pressuposto o desenvolvimento de *softwares* ou plataformas para *smartphones* que funcionem como uma interface entre o usuário e o estetoscópio poderá otimizar a experiência do usuário, transformando a ferramenta não apenas em um equipamento melhorado, mas com funcionalidades não possíveis de serem experienciadas exceto pela utilização da plataforma.

A proposta da plataforma *LungCast* será baseada na ausculta eletrônica, a qual transmitirá seus dados via Bluetooth para o smartphone, o qual poderá enviar os arquivos para armazenamento na nuvem, compartilhar de imediato com outros usuários em formato *live streaming*, sendo possível o acompanhamento da ausculta em tempo real.

A ferramenta também poderá ser utilizada a distância facilitando os atendimentos médicos, evitando o deslocamento dos pacientes e permitindo acesso da população a especialistas como cardiologistas, pneumologistas dentre outros profissionais, fato que beneficiará toda a população mais especificamente aqueles de baixa renda e que necessitariam enfrentar longas filas de espera para atendimento. Ter este equipamento a disposição dos postos de saúde, bem como nos serviços de assistência domiciliar (SAD) poderiam reduzir as demandas, otimizar os atendimentos e causar uma verdadeira revolução no sistema de saúde, inclusive nas perícias que são realizadas no Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS).

No campo educacional poderá ser utilizado como ferramenta de ensino e aprendizado, uma vez que o professor no momento que estará realizando a ausculta poderá transmitir em tempo real aos seus alunos, bem como armazenar ausculta que futuramente poderão ser utilizadas como banco de dados a alimentar rede neural com o intuito de realizar o aprendizado de máquina, sendo possível o reconhecimento automático dos sons respiratórios auscultados, indicando as possíveis causas, o que poderá facilitar o diagnóstico e a condução mais assertiva dos tratamentos propostos.

4.5 Utilização das redes neurais na identificação e reprodução da ausculta pulmonar

Poucas iniciativas nas indústrias criativas foram capazes de despertar tanta curiosidade como a engenharia reversa utilizada na forma de inteligência artificial que possibilitou recriar discursos de Barack Obama, Donald Trump e outras celebridades. A tecnologia empregada, apesar de controversa no quesito da geração de fake news mostra-se promissora na ajuda daqueles que por motivo de trauma ou outras patologias perdem sua voz e dependem de recursos eletrônicos para comunicação ((Fletcher, 2018; Maras e Alexandrou, 2019). A tecnologia empregada já é utilizada há grande tempo para reconhecimento da voz humana e para sua recriação, contudo, os dados recentes, principalmente pela proximidade com o real, têm causado mais impacto tornando-se tarefa difícil a distinção entre as imagens reais e as falsas (Dede e Sazli, 2010; Hussain *et al.*, 2022).

Esta tecnologia empregada (utilização das redes neurais) foi crucial para o desenvolvimento do corrente projeto, no qual de forma similar, porém ao invés da voz humana, o som a ser decodificado e reproduzido será a ausculta pulmonar. Pretende-se desenvolver um software capaz de realizar aprendizado de máquina, e para alimentação do mesmo, será necessário a criação de um banco de ausculta pulmonar, o qual será obtido a partir de uma plataforma que permitirá armazenamento e compartilhamento de auscultas, o que por si já poderá ser utilizada em atividades educativas, troca de informações entre os profissionais de saúde e a empregabilidade no campo clínico como sua utilização na medicina à distância (Boukhris *et al.*, 2020; Dede e Sazli, 2010; Hussain *et al.*, 2022).

Neste contexto, as indústrias criativas transferem suas credenciais, já tão empregadas no meio audiovisual e voltado ao entretenimento, a outras áreas como a saúde (Potts, 2009). A criação de ferramentas e softwares cujos recursos audiovisuais inspiraram a criação de programas voltados para facilitar identificação e recriação da voz humana, vêm sendo utilizados de forma similar para auxiliar na criação e reconhecimento da ausculta respiratória e cardíaca (Andrès *et al.*, 2018). Além de ser uma ferramenta educativa, pois ajuda no aprendizado, pode proporcionar uma comunicação efetiva entre os profissionais de saúde, colocando à disposição dos diversos profissionais de saúde recursos para identificação e compartilhamento dos sons respiratórios, possibilidade que irá proporcionar um novo patamar no diálogo entre estes profissionais (Gurung *et al.*, 2011).

Ainda de acordo com o conceito de equipamentos médicos definido pela Global Harmonization Task Force, que conferem esta designação a qualquer instrumento, aparelho, implemento, máquina, dispositivo, implante, reagente para uso *in vitro*, material e software que sejam utilizados com propósito médico. Neste aspecto, há similaridade com as indústrias criativas no que se refere a criação de software como recurso para otimizar um equipamento e por conseguinte com o produto apresentado neste projeto (Global Harmonization Task Force, 2012).

As possibilidades acerca da criação de um dispositivo que a partir da ausculta pulmonar seja capaz de: armazenar, transferir, compartilhar, alimentar uma rede neural, processar as informações, decodificar os seus sinais, analisar, quantificar e identificar através das peculiaridades e distinção dos sons as possíveis doenças, maximizarão a utilidade dos estetoscópios eletrônicos (Hashemi, Arabalibiek e Agin, 2011; Himeshima *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2017).

Neste aspecto, nosso projeto, figura como economia de signos, como defendido por Bendassoli *et al.*, no que diz respeito a ressignificar algo que apesar de já existir, ainda não encontrou a forma de estabelecer a comunicação entre o produto e seu usuário final. A escassez da utilização da ausculta eletrônica, muito provavelmente pode-se atribuir ao custo elevado e ao seu caráter pouco intuitivo e sem aplicabilidade clínica, fato que pretende-se mudar com o corrente projeto, uma vez que serão desenvolvidos métodos para análise dos sinais e alimentação de redes neurais (Bendassoli, Wood Jr e Kirschbaum, 2009; Murphy, R. L., 2008).

Segundo Fayga, o ato criativo requer um ato de integração de saberes, a confluência de conhecimentos é uma forma de exercer a potencialidade das indústrias criativas a qual não se restringe a uma única área. Neste contexto estamos lidando com um dos aspectos pelo qual caracterizamos a indústria criativa, a qual não é representada exclusivamente pela criatividade artística, neste caso nosso projeto encontra-se no âmbito da criatividade científica e da criatividade econômica e segundo Campos enquanto a criatividade é caracterizada pela geração de ideias e novos produtos, a inovação visa a implantação efetiva de ideias criativas que trazem benefícios práticos, neste caso na ausculta respiratória.

4.6 Indústrias criativas, profissionais de saúde e a evolução da ausculta eletrônica

Apesar da evolução tecnológica ter propiciado o surgimento do estetoscópio eletrônico, este ainda não substituiu o estetoscópio acústico convencional, o qual é um dos equipamentos emblemáticos no uso de profissionais de saúde. Equipamento que ao longo de sua existência passou por diversas transformações sendo a mais recente a evolução de um equipamento acústico para um equipamento eletrônico, no entanto apesar da superioridade na qualidade da ausculta, a utilização deste dispositivo se mostra de forma restrita, geralmente utilizado em atividades relacionadas a ensino e pesquisa (Murphy, R. L., 2008).

É possível que esta não aderência a ausculta eletrônica se dê em virtude do custo elevado, o qual associado ao fato dos recursos avançados deste equipamento se basearem em análise espectral dos traçados, cuja avaliação é realizada em cálculos matemáticos utilizando recursos como transformada rápida de Fourier ou a transformada rápida Wavelet. Estes dados são de fácil compreensão para aqueles que lidam com análises como engenheiros, físicos ou até mesmo profissionais de saúde que atuam na área acadêmica, no entanto não encontram afinidade no que diz respeito a prática clínica (Bahoura e Pelletier, 2005; Marques, Bruton e Barney, 2009; Rizal, Hidayat e Nugroho, 2017).

Desta forma um dos princípios básicos e úteis relacionados às indústrias criativas passa justamente pela experiência do usuário, otimização dos recursos e facilidade em seu manuseio (Cunningham e Higgs, 2009) e não apenas tratar-se de algo novo ou diferente. Vale salientar que o termo inovação não deve ser banalizado e utilizado de forma corriqueira a cada novo dispositivo lançado, mas, como próprio da indústria criativa, a inovação terá sentido se for capaz de gerar funcionalidade e/ou agregar valor ao bem no qual será empregada (Lee e Drever, 2013).

Não obstante a sua importância, a inovação e o empreendedorismo no contexto da saúde encontra diversas barreiras, uma delas pode se atribuir ao modelo acadêmico adotado na área de saúde, onde tem se voltado quase que exclusivamente a prevenção e promoção de saúde, para o qual o tripé ensino, pesquisa e extensão têm sido fundamentais para o desenvolvimento profissional, permitindo aos acadêmicos a inserção nos diferentes cenários, sendo o alicerce desde o primeiro período da graduação, este fato proporciona aos acadêmicos vivência ampla de forma assistencial, mas por outro lado o limita no que diz respeito as ações voltadas às áreas de gestão, empreendedorismo e indústrias criativas (Paula, De *et al.*, 2019).

Sabendo que o nicho das indústrias criativas é um dos mais promissores, destacando que foi o setor que mais cresceu nos últimos 05 anos nos Estados Unidos, Reino Unido e Brasil. A participação e engajamento dos profissionais de saúde, não apenas alavancaria o desenvolvimento de projetos gerando com isso ativos e criação de riqueza como também contribuiria para o desenvolvimento humano e tecnológico no âmbito da saúde (Oxford Economics, 2014).

Ao considerar a inovação como um processo criativo, percebe-se que na área de saúde a evolução no que diz respeito a mudanças seja no desenvolvimento de equipamentos ou até mesmo de técnicas atrelados a outros profissionais, como engenheiros biomédicos, físicos, e profissionais que trabalham com tecnologia da informação. No entanto essa dependência gera atraso nos desenvolvimentos e acarreta maior custo, uma vez que tais produtos são desenvolvidos e pensados para médicos, fisioterapeutas, enfermeiros e demais profissionais, porém durante todo processo criativo estes não são consultados e o desenvolvimento segue a

revelia, e quando em fase de testes, ou até mesmo finalizados são submetidos a crivo destes profissionais, para aprovação ou não.

O desenvolvimento de produtos, integrando o profissional de saúde desde sua concepção, além de reduzir os processos relativos à criação e desenvolvimento, possibilita que seu design e funcionalidade sejam compatíveis às necessidades dos seus usuários. O retorno de equipamentos a bancada, para reestruturação e o redesenho de funções atrasa a chegada destes ao mercado e eleva os custos de produção (Pini e Zancul, 2016; Herzlinger, 2006).

De acordo com Herzlinger, nos Estados Unidos, o valor do investimento em pesquisa e desenvolvimento de produtos de saúde só perde para o valor destinado a defesa, no entanto bilhões de dólares são desperdiçados em projetos e produtos que sequer foram utilizados, seja porque não conseguiram ser aprovados por agências regulatórias ou simplesmente não foram utilizados pelos profissionais de saúde.

Situação semelhante pode ser apontada no desenvolvimento dos estetoscópios eletrônicos os quais foram desenvolvidos e pensados para os profissionais de saúde, sendo realizado de forma a proporcionar uma ausculta inigualável, com ganhos surpreendentes na qualidade sonora, que associado a recursos tecnológicos poderiam relegar a ausculta respiratória o conceito de método objetivo, no entanto apesar da qualidade do equipamento e da superioridade proporcionada e de se encontrar no mercado a há mais de 20 anos, não houve uma consolidação quanto a sua utilização, sendo seu uso restrito há um pequeno número de usuários. Muito provavelmente este fato levou a empresa 3M, proprietária da marca de estetoscópios Littman, a mais vendida do mundo, a adquirir a empresa que desenvolveu a plataforma eMurmur, para tornar a ausculta cardíaca mais fácil e intuitiva melhorando assim a experiência do usuário. Esta plataforma permite o compartilhamento da ausculta, análise de forma remota, e está vinculada a uma análise baseada em inteligência artificial.

Ao agir desta forma, a empresa 3M operou como é próprio da indústria criativa, buscando ressignificar aquilo que já existe, a renovação do estetoscópio como ferramenta, não apenas melhorada, mas como instrumento repleto de recursos tornando a ausculta mais acessível, confiável e podendo ser executada a distância.

Atualmente, existem diversos estetoscópios eletrônicos que possibilitam a captação, ausculta, gravação e análise dos sons pulmonares, porém os mesmos, apresentam custo elevado e sua apreciação, de forma geral, por ser de natureza gráfica e matemática, não encontrou terreno fértil na área de saúde, sendo sua aplicabilidade mais restrita a estudos científicos e desenvolvido em parceria com engenheiros eletrônicos e biomédicos. No entanto sua utilização poderia ser mais difundida e compartilhada, caso o equipamento utilizado apontasse para possíveis diagnósticos, permitisse o compartilhamento e não apenas informações complexas e que demandam maior tempo para análise, fato este não compatível com a prática clínica.(Andrés, 2018; Azmy, 2015; Bahoura e Pelletier, 2005; Palaniappan, Sundaraj e Ahamed, 2013; Rizal, Hidayat e Nugroho, 2017)

Para melhorar a usabilidade do estetoscópio eletrônico diversos aplicativos têm sido desenvolvidos para funcionar como interface mais amigável e para proporcionar melhoria no ato da ausculta. Estes aplicativos se propõem a captação dos sons, armazenamento, análise e alimentação de um sistema de aprendizado de máquina o que possibilita análise automática dos sons auscultados, correlação a identificação de ruídos adventícios, bem como realizando correlação com possíveis problemas patologias minimizando os erros analíticos e facilitando tanto diagnóstico como tratamento (Mamorita et al., 2017).

Alguns destes aplicativos trazem como benefício adicional a possibilidade de compartilhamento dos sons auscultados com demais profissionais, criando desta forma um banco de dados de ausculta que facilitem o aprendizado principalmente se, em conjunto ao som auscultado vierem explicações acerca das patologias na alteração clínica corrente.

Outras possibilidades para ensino é a reprodução dos sons com ruídos adventícios referentes a patologias específicas sendo os padrões de similaridade encontrados de acordo com as patologias. Discernindo entre os distúrbios que ocorrem no interstício pulmonar.

5. QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DA RELEVÂNCIA DA AUSCULTA ELETRÔNICA

O questionário contido no anexo 1, foi desenvolvido para avaliar a percepção da comunidade de saúde acerca da ausculta pulmonar, foi desenvolvida com base na escala *Likert*, onde as respostas: concordo plenamente; concordo em parte; não concordo nem discordo; discordo em parte; discordo totalmente serão pontuadas respectivamente como: 5; 4; 3; 2 e 1. Este questionário servirá como uma ferramenta para auxílio nas tomadas de decisão acerca do desenvolvimento da plataforma, da utilização dos dispositivos bem como uma antecipação da experiência do usuário.

Além das perguntas contidas no formulário, foram adicionadas ao questionário 05 auscultas respiratórias em forma de link, as quais foram obtidas a partir de um banco de dados utilizado durante a International Conference on Biomedical Health Informatics – ICBHI 2017 e encontram-se disponíveis em: <https://bhichallenge.med.auth.gr/ICBHI_2017_Challenge>>¹, no entanto para evitar a identificação das auscultas as mesmas foram nomenclaturadas como ausculta seguida das numerações de 01 a 05.

O formulário utilizado para a realização do questionário foi o Google forms, o qual foi enviado em formato de link em grupos de WhatsApp de profissionais de saúde aos quais o pesquisador tem acesso, totalizando 176 profissionais. O total de respostas foi de 36 questionários equivalente a 20,45%. A baixa adesão deu-se provavelmente em virtude da falta de familiaridade com alguns dos termos utilizados, da falta de tempo disponível para responder bem como pela presença das auscultas que foram colocadas para identificação, fato este que pode ter sido interpretado como uma avaliação e por conseguinte levar a sensação de possível julgamento ou crítica e desta forma ter resultado na desistência em responder.

Dentre os profissionais que responderam ao questionário tivemos: 31 fisioterapeutas, 3 médicos e 02 enfermeiros. Em relação ao tempo de experiência 28 (77,8%) responderam ter mais que 05 anos, 05 (13,9%) entre 03 e 04 anos e apenas 02 (8,3%) disseram possuir entre 1 e 2 anos de experiência.

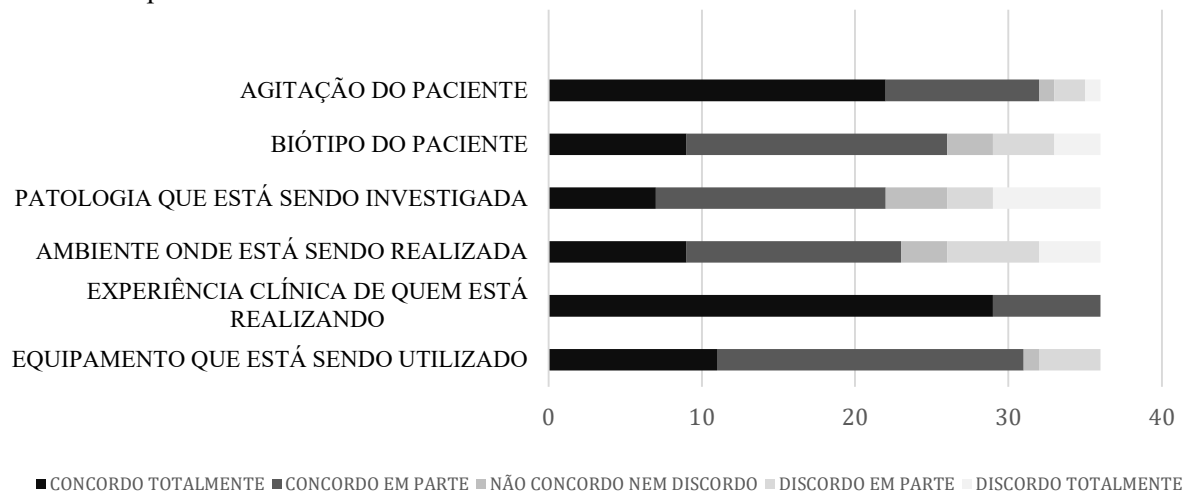
Para análise da concordância com os temas propostos em cada pergunta, foi interpretado como concordância aqueles que responderam concordo totalmente, ou concordo em parte. Durante a explanação, para adequada interpretação, será descrito o número total de concordantes (n) seguido das proporções devidas, ou seja, concordo totalmente (ct) e concordo em parte (cp) separadas por (/), obtendo-se o seguinte formato: n (ct/cp), seja para valores absolutos ou relativos.

¹ Disponível em: <https://bhichallenge.med.auth.gr/ICBHI_2017_Challenge>>¹

O primeiro grupo de perguntas referia-se a percepção da comunidade de saúde quanto a acurácia da ausculta pulmonar, sendo esta apontada como dependente: do equipamento utilizado por 31 (11/20), 86,2% (30,6/55,6%); da experiência clínica por 36 (29/7), 100% (80,6/19,4%); do ambiente onde a ausculta está sendo realizada por 23(9/14), 63,9% (25/38,9%); da patologia por 22 (7/15), 61,1% (19,4/41,7%); do biotipo dos pacientes 26(9/17), 72,2% (25/47,2%) e da agitação do paciente 32(22/10), 88,9% (61,1/27,8%) conforme demonstrado no gráfico 1.

Pelo presente achado, percebe-se que este apontamento de itens como a experiência clínica, da qualidade do equipamento que está sendo utilizado, bem como a agitação do paciente, são itens que interferem na qualidade da ausculta e portanto no resultado final tanto do diagnóstico como tratamento e desfecho clínico.

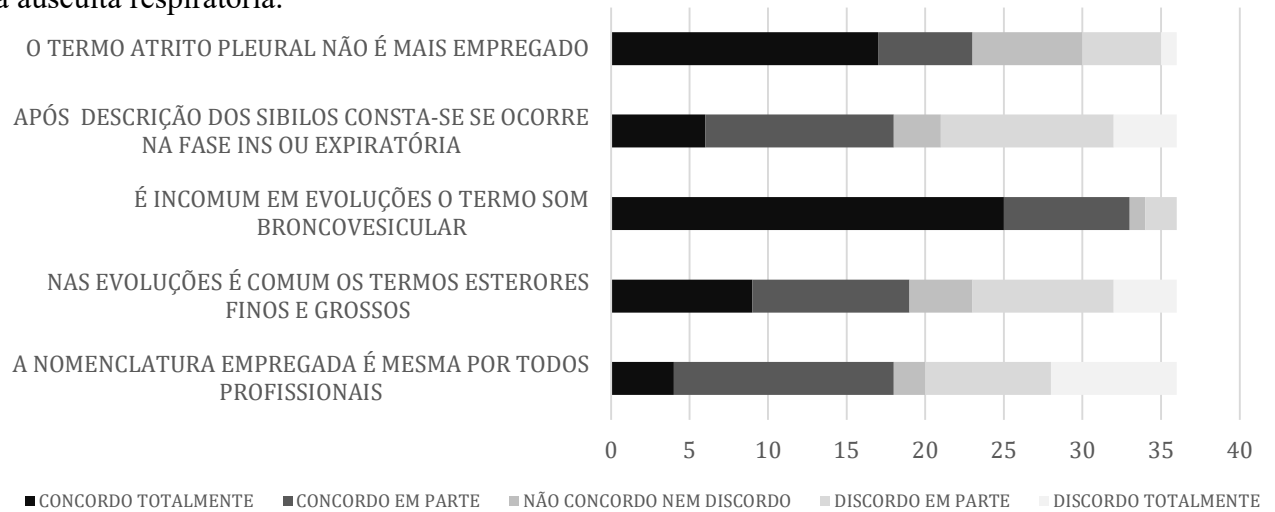
Gráfico 1: Percepção dos profissionais de saúde acerca das variáveis que interferem na acurácia da ausculta respiratória.



Fonte: Próprio autor

Já em relação aos termos utilizados para descrever a ausculta, a percepção de 18 indivíduos (50%) dos entrevistados foi que existe uma uniformidade na utilização da nomenclatura; 19 (52,8%) concordam que termos já considerados ultrapassados como estertores finos e grossos continuam sendo utilizados; no entanto 33 (91,6%) apontam que o termo som broncovesicular, considerado coerente na corrente literatura para designar os sons normais da ausculta, é raramente empregado; quanto a descrição da fase respiratória onde os ruídos adventícios são identificados 18 (50%) relataram que tal descrição está presente no que se refere a descrição dos sibilos; já em relação a coerência acerca de termos como atrito pleural, ainda que considerado correto pela literatura, 23 (63,9%) concordaram que este termo não é mais empregado. Os dados com os valores descritos de forma distinta podem ser observados no gráfico 2.

Gráfico 2: Percepção dos profissionais de saúde acerca dos termos utilizados para descrever a ausculta respiratória.



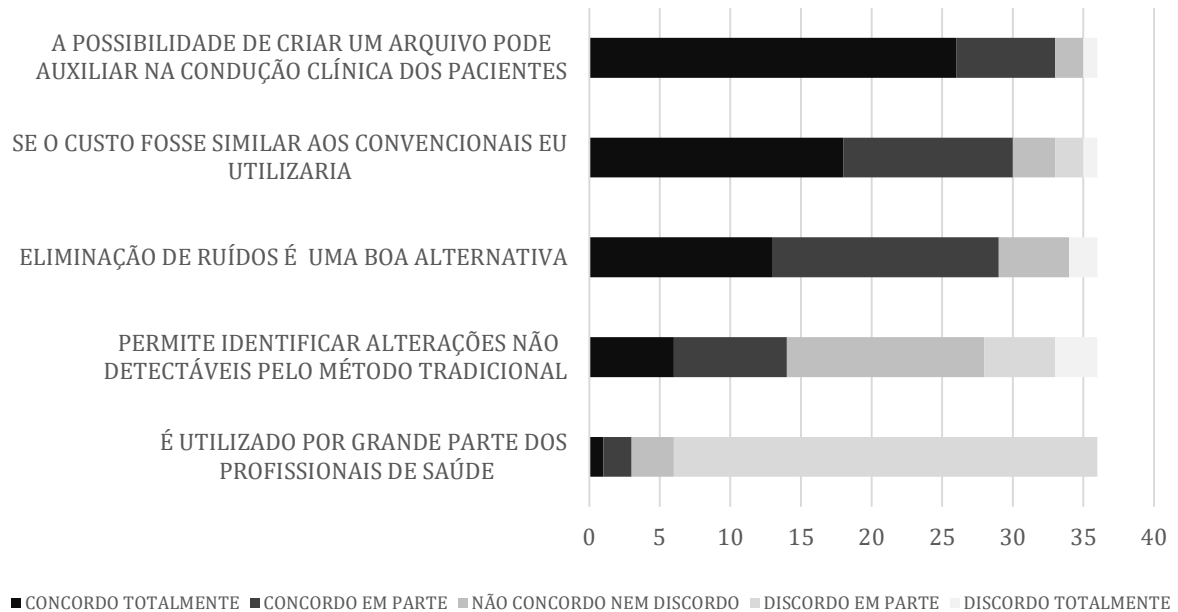
Fonte: Próprio autor

Conforme disposto no gráfico 3, pode-se observar a percepção da comunidade de saúde acerca do estetoscópio eletrônico e sua utilização. Apenas 01 indivíduo (2,8%) teve a percepção que o estetoscópio eletrônico é utilizado por grande parte dos profissionais de saúde; para 14 indivíduos (38,9%), a utilização da ausculta eletrônica permite a identificação de sons não detectáveis pelo método tradicional; já 29 (80,5%) entendem que a utilização de recursos como filtros poderiam melhorar a experiência da ausculta; 30 (83%) relataram que se o custo dos estetoscópios eletrônicos fosse mais acessível utilizariam este dispositivo; e finalmente 33 (91,6%) concordaram que a possibilidade de criar arquivos de ausculta poderia auxiliar na condução clínica dos pacientes.

Os achados deste questionário encontram-se em acordo com vários os estudos os quais apontam para uma subutilização dos estetoscópios eletrônicos, mesmo que credenciem-se a estas qualidades não presentes no seu concorrente acústico. No entanto no quesito permitir identificar alterações não detectadas pelo método tradicional apenas 14 indivíduos apontaram nessa direção, o que por questões lógicas leva a supor que tais profissionais creditam as mesmas funcionalidade aos dois dispositivos.

Os dados completos relativos a percepção da comunidade de saúde acerca da utilização de uma plataforma de ausculta estão dispostos no gráfico 4. Quanto a este item, 35 (97,2%) concordaram que, existindo uma plataforma de ausculta de acesso gratuito, utilizariam a mesma para aprofundar os conhecimentos acerca da ausculta. Já quando perguntado se a disponibilização dos sons da ausculta em formato de podcast seria uma boa ferramenta de ensino e aprendizado, a concordância foi de 100%, onde os 36 indivíduos concordaram com a proposição, destes 30 concordaram totalmente.

Gráfico 3: Percepção dos profissionais de saúde acerca do estetoscópio eletrônico e sua utilização.



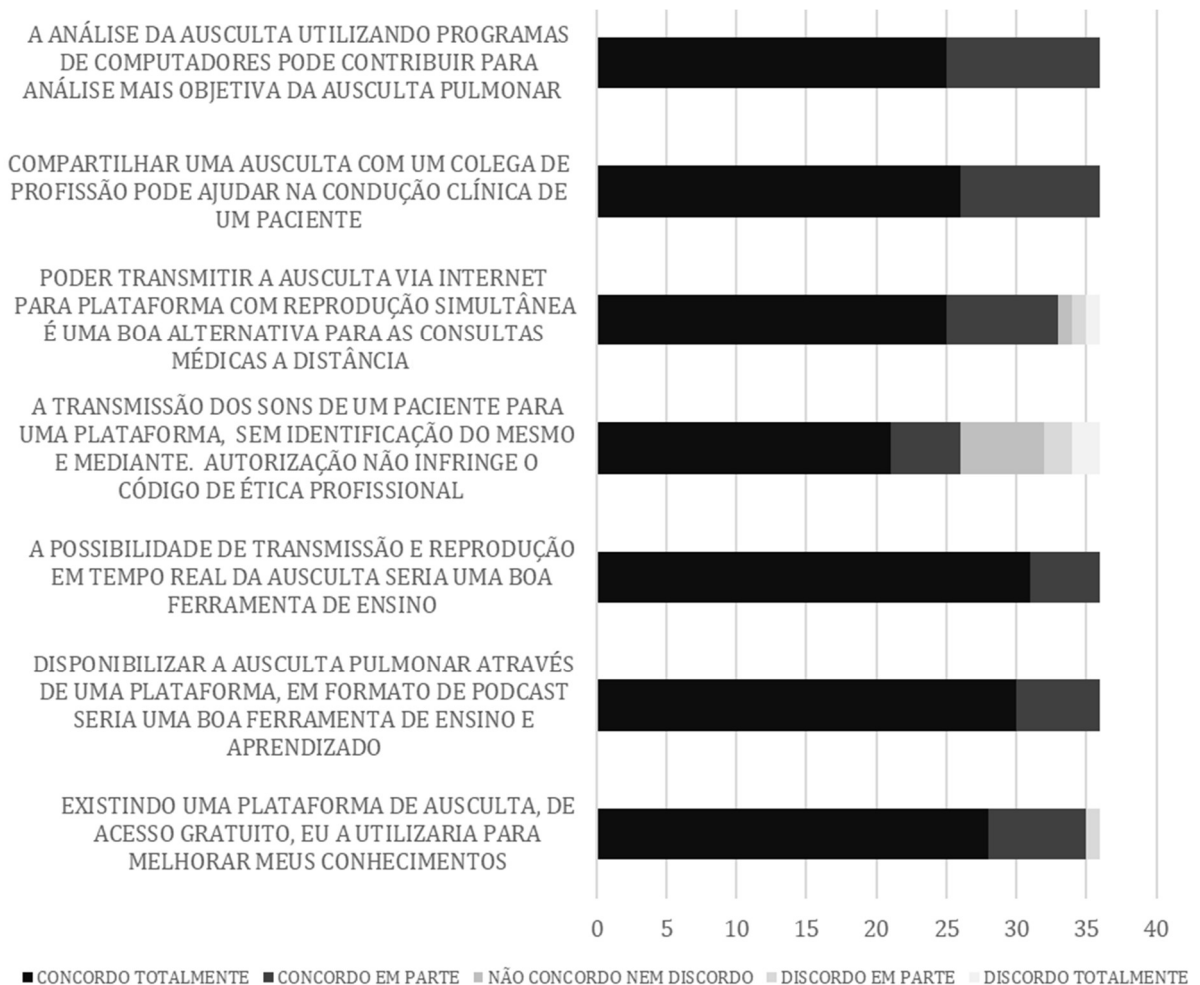
Fonte: Próprio autor.

Quando o questionamento deu-se acerca da transmissão e reprodução simultânea como ferramenta de ensino 100% concordaram, destes 31 concordaram totalmente. Ao analisar a percepção legal acerca da transmissão dos sons, sem identificação do paciente e mediante autorização não infringe o código de ética profissional, foi assim percebido por maior parte, 26 (62,2%) dos indivíduos. Para 33 (91,6%) a utilização da plataforma para consultas online é uma boa ferramenta, e para 36 (100%) a possibilidade de compartilhar a ausculta com outro colega pode ajudar na condução clínica de um paciente, destes 35 (97,2%) concordam que utilizar programas de computador é uma alternativa que pode contribuir com a análise objetiva da ausculta.

A participação dos profissionais de saúde em plataformas como esta mostra uma tendência a mudança de perfil, tendo em vista a resistência inicial destes em realizar atividades que requerem interação com o mundo virtual. Outro fator a se levar em consideração é que, o compartilhamento de informações e a utilização da inteligência artificial tem ocorrido de maneira muita mais efetiva nos últimos anos, abrangendo também os profissionais de saúde.

Ao realizar a análise dos sons disponibilizados percebeu-se que para ausculta de um som normal, sem alterações, houve acerto na maioria das respostas, onde 34 indivíduos (94,4%) responderam corretamente. Quando as ausculta apresentaram os ruídos adventícios a determinação correta dos sons sofreu variação. A ausculta 02, correspondente a roncos ins e expiratórios foi identificada corretamente apenas por 07 indivíduos (19,4%); a ausculta 03 que apresentava crepitanes inspiratórios foi corretamente identificada por 11 indivíduos (30,6%), a ausculta 04, correspondente a sibilos expiratórios, foi corretamente identificada por 30 indivíduos (83,3%) e a ausculta 05, correspondente ao estridor laríngeo, foi corretamente identificada por 20 indivíduos (55,6%) conforme pode ser observado no gráfico 5.

Gráfico 4: Percepção dos profissionais de saúde acerca da utilização de uma plataforma de ausculta.

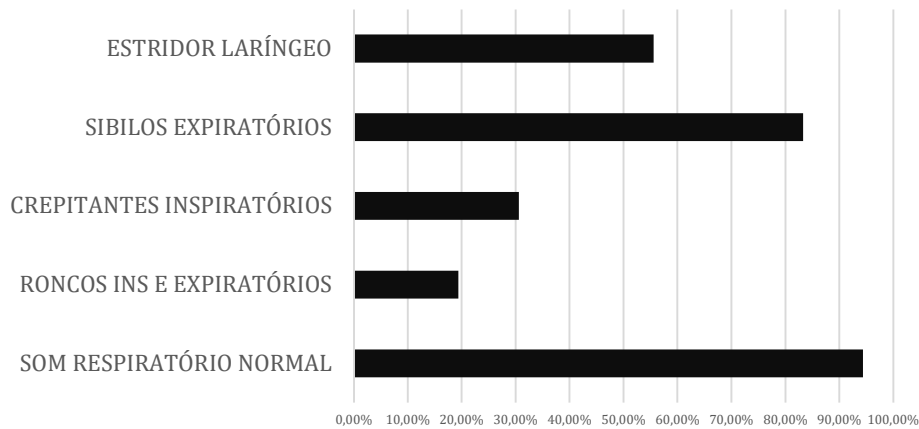


Fonte: Próprio autor.

Vale salientar que esta não uniformidade na detecção dos sons não foi exclusiva do grupo em questão, sendo este um dos principais argumentos ao desenvolvimento desta plataforma, ser uma ferramenta de auxílio ativo para correta interpretação e redução dos equívocos e portanto minimizar o risco à exposição de terapêuticas prejudiciais ou ineficazes.

Quando os ruídos adventícios foram postos à prova, percebeu-se que houve uma porção das auscultas foi mal interpretada, enquanto outras foram identificadas mais facilmente. Tal fato pode ter se dado pela familiaridade dos usuários com os sons normais bem como com a detecção dos sibilos, os quais dentre os ruídos adventícios, é o mais comum e possivelmente o mais fácil de distinguir, em virtude do seu caráter de som contínuo e de alta frequência.

Gráfico 5: Assertividade dos profissionais de saúde na correta identificação dos sons respiratórios.



Fonte: Próprio autor.

6. ANÁLISE DE SIMILARES

Uma vez captados os sons através dos estetoscópios eletrônicos, os mesmos poderão ser enviados à plataforma LungCast, a qual quando estiver em funcionamento, disponibilizará um banco de dados de ausculta pulmonar a qual poderá ser compartilhada entre profissionais de saúde e auxiliar no entendimento das repercussões clínicas de patologias que afetam os sons pulmonares.

Ao realizar este compartilhamento serão possibilitadas trocas de informações acerca dos sons pulmonares, levando a discussões, fomentando a comunicação interdisciplinar e propiciando a resolução de dúvidas e intercâmbio de saberes, proporcionando crescimento profissional e forma eficaz e segura. O acesso a plataforma se dará via aplicativos desenvolvidos para smartphones, através destes, os usuários poderão realizar ausculta, enviar suas captações, bem como escutar os bancos de ausculta disponíveis.

Para a realização deste projeto foi necessário análise de similaridade em outros softwares, os quais foram obtidos mediante busca na Google Play Store, a loja virtual do Google para celulares com o sistema Android, utilizando os seguintes descritores em português e em inglês: ausculta; ausculta pulmonar; sons pulmonares e estetoscópio. que resultou no encontro de 46 aplicativos, os quais em suas descrições, aparentava semelhanças com o presente estudo. Sendo os mesmos demonstrados abaixo, seguido pelas empresas desenvolvedoras:

1. Breath Sounds Made Easy - XsmrtApps
2. Auscultação - Sons Pulmonares e Cardíacos RER MedApps
3. Lung Sound Trainer - Mobile Tachnology Lab
4. Ausculta CardioPulmonar - Noia Tech
5. Cardio-Pulmonary Sounds - Medico_Guide
6. BMC Stetho - Marwatsoft

7. Pneumologie - Reda bzikha
8. MedEx - Clinical Examination - Barath Reddy
9. Cardiopulmonary Sounds - Jadson Apps
10. Cardiopulmonary Sounds Plus - Dr. Ray
11. Cardiopulmonary Sounds Plus - Kareem TKB
12. Estetoscopio - Estetoscopio TPK
13. VPM3000W -Sun Meditec
14. Breaths & Lung Sounds - Ussabo Apps
15. Breath Sounds - PRO
16. Breath Sounds Quiz - PRO
17. Lung Sounds - ST2000
18. 3M Littmann Learning Institute - 3M Company
19. Auscultation - Ayman Salem Suwaid Al_Althaini
20. Pocket Heart Sound - Panasonic
21. Stethoscope - It 4 You
22. Stemoscope - Hulu Devices
23. VPM3000W - SUNMEDITEC
24. Digital Stethoscope - Avant-Garde Information & Communication Technology
25. VitalSigns-Stethoscope - JUANG JIH LIANG
26. Smartho - Hefei Kangling Medical Technology Co., Ltd.
27. AI BodySound - Active D&C
28. Sone Health - Igea Soluzioni Srl
29. Thinklabs Wave - Thinklabs Medical LLC
30. Eko - Eko Devices
31. eSteth - Tech 4 Life Enterprises
32. Stethoscope - Arogya Life Systems Inc.
33. HD Steth - HD Medical, Inc.
34. eKuore - app ekuore
35. Auskultation - Matthias Heyner - Universidade de Berna (Alemanha)
36. Understand Heart Sounds And Murmurs - Dr_Apps
37. Cardiógrafo - Macropinch
38. Frequencia Cardíaca - Heart rate

39. Wanda - Wanda App
40. SIMPL - Simulated Patient Monitor
41. All Respiratory Disease and Treatment - Patrikat Softech
42. Steth-o-cope - Armour Interactive Ltd.
43. Breathing Sound - Infinite_Apps
44. Breath sounds - Sound Effects
45. Littmann Learning - eMurmur - e-murmur
46. Littmann University - eMurmur - e-murmur

Ao analisar os aplicativos percebeu-se que a maior parte deles tratava apenas da reprodução de um banco de dados de ausculta, não permitindo uploads e não trazendo informações acerca da patologia. Estes softwares não permitem comunicação entre os usuários, nem fornecem dados para elaboração de reconhecimento de padrões conforme proposto no presente trabalho. Os aplicativos que apresentaram as características apresentadas foram: 1-20.









Os aplicativos de 21 a 28 são destinados a utilização com estetoscópios específicos, sendo softwares que permitem a experiência de usuário único, possibilitando a ausculta intermediada pelo smartphone, requerendo o dispositivo de auscultas para captação dos sons. Estes aplicativos permitem a gravação dos sons, porém não permitem o compartilhamento, não se destinando a troca de informações nem geração de inteligência artificial capaz de identificar os sons pulmonares captados. Já os aplicativos de 29-34, além da função de captação e gravação, possibilitam o compartilhamento dos sons gravados.









Apesar de na descrição dos aplicativos de 35 a 38 constarem a avaliação pulmonar, os mesmos destinam-se exclusivamente a descrições cardíacas. Sendo os aplicativos 35 e 36, bancos de dados de ausculta cardíaca, enquanto os aplicativos 37 e 38 realizam exclusivamente a mensuração da frequência cardíaca. Por sua vez, os aplicativos 39 e 40 são simuladores de monitores multiparamétricos utilizados em UTIs, não se destinando a ausculta pulmonar. Os aplicativos 41 e 42 são guias para condutas clínicas, constando orientações de como realizar a ausculta, porém sem banco de dados deste procedimento. Já os aplicativos 43 e 44 apesar de possuírem sons respiratórios, seu uso destina-se a fins recreacionais, servindo como toques de celular.

Finalmente os aplicativos 45 e 46, apesar de apresentarem maior conteúdo voltado a ausculta cardíaca, foram aqueles que mais se assemelharam ao presente projeto. Os mesmos funcionam como plataformas de ausculta constando de banco de dados, informações acerca de patologias, permite a interação entre usuários, proporciona o atendimento remoto, além de seus dados alimentarem uma rede neural que já reconhece a ausculta cardíaca, enviando de forma imediata possível diagnóstico, facilitando as tomadas de decisão.

O modelo Littmann Learning eMurmur (45) é um aplicativo de treinamento e autoteste para os alunos reconhecerem os sons e sopros benignos e patológicos do coração, oferece em texto, revisão anatômica do coração, passo a passo para a ausculta cardíaca, a descrição dos sons cardíacos normais e patológicos. Disponibiliza trechos de sons cardíacos já gravados e possui testes para avaliar seu aprendizado, sua versão premium permite, através da plataforma Connect, envio e análise dos sons coletados.

Tabela 1: Principais características dos aplicativos estudados

Aplicativo								
1. Breath Sounds	X							
2. Auscultação - Sons Pulmonares e Cardíacos	X							
3. Lung Sound Trainer	X							
4. Ausculta CardioPulmonar	X							
5. Cardio-Pulmonary Sounds	X							
6. BMC Stetho	X							
7. Pneumologie	X							
8. MedEx - Clinical Examination	X							
9. Cardiopulmonary Sounds	X							
10. Cardiopulmonary Sounds Plus	X							
11. Cardiopulmonary Sounds Plus	X							
12. Estetoscopio	X							
13. VPM3000W	X							
14. Breaths & Lung Sounds	X							
15. Breath Sounds	X					X		
16. Breath Sounds Quis	X					X		
17. Lung Sounds	X							
18. 3M Littmann Learning Institute	X					X	X	X
19. Auscultation	X							
20. Pocket Heart Sound	X							
21. Stethoscope		X						
22. Stemoscope		X						
23. VPM3000W		X						
24. Digital Stethoscope		X						
25. VitalSigns-Stethoscope		X						
26. Smartho		X						
27. AI BodySound		X						
28. SoneHealth		X						
29. Thinklabs Wave		X						
30. Eko	X	X	X	X	X			
31. eSteth	X	X	X	X				
32. Stethoscope		X	X		X			
33. HD Steth		X	X					
34. eKuore app		X	X					
35. Auskultation	X	X	X					
36. Understand Heart Sounds And Murmurs								
37. Cardiógrafo								
38. Frequencia Cardíaca								
39. Wanda								
40. SIMPL								
41. All Respiratory Disease and Treatment							X	
42. Steth-o-cope							X	
43. Breathing Sound	X							
44. Breath sounds	X							
45. Littmann Learning – eMurmur		X	X	X	X	X	X	X
46. Littmann University - eMurmur	X	X	X	X	X	X	X	X

 = reproduz sons da ausculta;  = grava sons da ausculta;  = permite compartilhamento da ausculta;  = salva o contato do paciente;  = analisa a ausculta;  = Contém quiz;  = permite adicionar informações da patologia;  = permite adicionar informações do paciente.

7. DESENHO VIRTUAL PARA INTERFACE GRÁFICA DA PLATAFORMA

A plataforma LungCast, cujo formato de acesso se dará via aplicativo, funcionará como uma ferramenta de: auxílio a captação da ausculta eletrônica, ensino e aprendizagem, atendimento remoto bem como possibilitará a troca de informações entre os profissionais de saúde. A comunicação entre o estetoscópio e o smartphone e conseqüentemente a plataforma se dará via bluetooth. Os dados referentes a ausculta serão submetidas a filtros, caso não estejam disponíveis nos dispositivos de captação, reduzindo a transmissão de ruídos estranhos desde a captação.

Os sons captados poderão de forma simultânea gravar e/ou reproduzir em formato *live streaming*. Para criação desta plataforma poderão ser utilizados os serviços Google Clouds, NetShow.me ou similares, que possibilitarão o envio, gravação, reprodução *on demand* ou no formato *live streaming*.

O acesso a plataforma se dará de forma diferenciada por usuários onde estarão disponíveis os formatos direcionados a pacientes, profissionais de saúde e estudantes (figura 1). O acesso com credenciais de profissional, permite acesso integral a todas as ferramentas do aplicativo.

Figura 1: Tela para registro inicial de perfil.



Fonte: Próprio autor

Após baixar o aplicativo, que estará disponível nas lojas virtuais Google Play Store e Apple Store, serão preenchidos os dados e configurado de acordo com os perfis de usuários já citados. Caso haja mudança de perfil o mesmo poderá ser alterado, sendo necessário no entanto envio de documentação para registro em nova categoria. Ao ser registrado o perfil profissional de saúde, será necessário o envio de foto da carteira profissional. Durante período de análise será ofertado acesso temporário com todas as funcionalidades. Uma vez credenciado com profissional, ao ligar o software LungCast aparecerá uma tela com as ferramentas disponíveis conforme figura 2.

Figura 2: a) Tela para registro como profissional; b) Ferramentas disponíveis no perfil profissional.



Fonte: Próprio autor.

7.1 Ausculta Guiada e Ausculta Livre

A ferramenta ausculta guiada orienta passo a passo o posicionamento do estetoscópio e o tempo de permanência do mesmo em cada sítio de ausculta, mantendo uma luz verde brilhante acesa durante a captação do som. Ao término a luz verde piscará por três vezes, sendo em seguida direcionado ao próximo sítio de ausculta conforme indicado na figura 3.

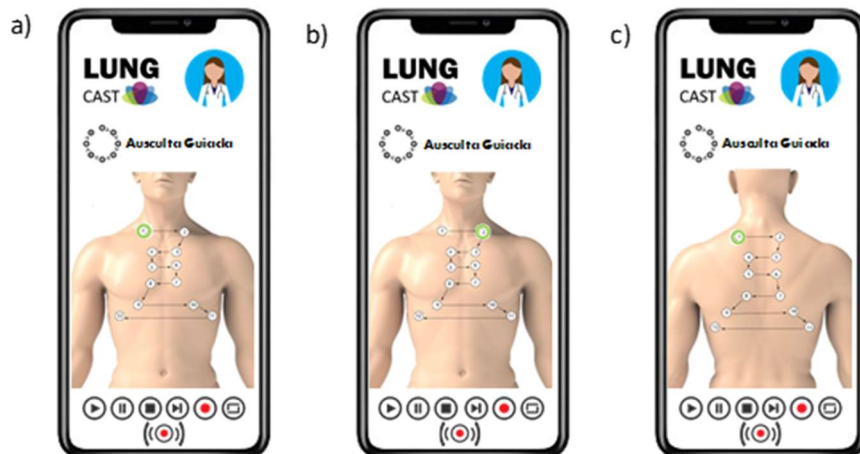
Ao iniciar a ausculta a mesma poderá ser gravada, a captação dos sons seguirá um tempo padrão ajustável de 3 a 10 s, sendo permitido acionar a tecla “repeat” (⏮) caso deseje reavaliar o mesmo sítio de ausculta. Todas as captações serão gravadas automaticamente em diretório com a designação código de cada paciente seguida de data e sítio de ausculta, exemplo: nhlm_17.11_apice_dir.

Havendo em um mesmo sítio de ausculta mais de uma captação a partir da segunda captação as designações: 2nd, 3th, 4th. Caso haja algum sítio de ausculta que não seja desejado basta clicar no botão “skip” (⏭) e pular o referido sítio de ausculta.

A ausculta guiada quando realizada de forma presencial pelo profissional de saúde poderá ser gravada utilizando o botão gravar (⏺), gravada e transmitida simultaneamente clicando no botão (⏺) ou apenas ausculta sem gravação (⏮).

Caso opte por ausculta livre, antes da captação do som em cada sítio será necessário teclar na tela do smartphone o local correspondente da ausculta, as demais funcionalidades continuam similares.

Figura 3: a) esboço da versão profissional contendo a ausculta guiada (visão anterior); b) mostra a progressão da ausculta indo para o sítio seguinte; c) esboço da versão profissional contendo a ausculta guiada (visão posterior).



Fonte: Próprio autor. Obs: Luz verde acesa demonstra ausculta ativa.

7.2 Fonoteca de ausculta

A audioteca profissional de ausculta por nós designada fonoteca, poderá ser compartilhada com os demais usuários onde haverá a liberdade de escolher o compartilhamento individual, aberto a todos profissionais e estudantes ou manter para seu uso exclusivo.

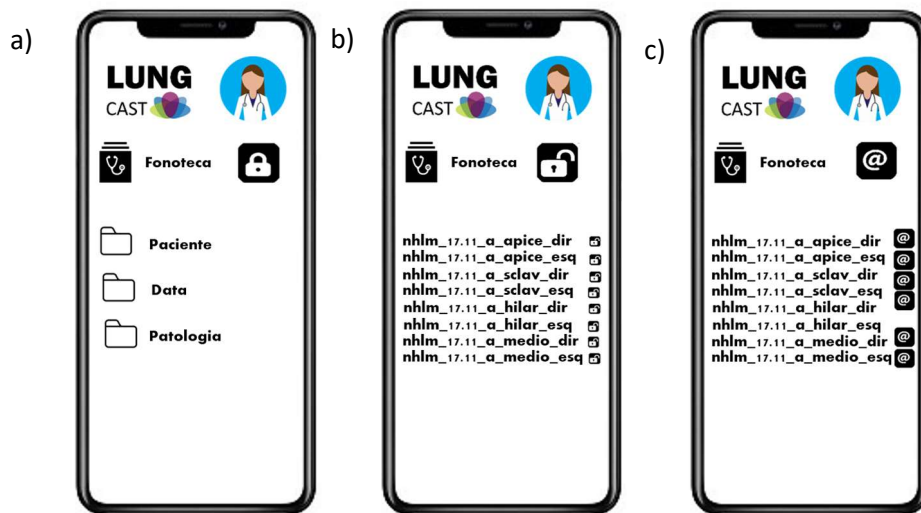
Clicando em uso exclusivo (🔒) os arquivos ficarão disponíveis apenas no seu dispositivo, porém com armazenamento na nuvem, não sendo compartilhado, mas poderá ser utilizado pela plataforma para aprimorar a inteligência artificial.

Para facilitar o acesso aos arquivos os mesmos estarão dispostos automaticamente em três pastas, as quais na realidade constituirão atalhos, uma vez que o diretório onde os arquivos estarão localizados será o mesmo. As pastas serão configuradas como pacientes, cujo acesso se dará mediante as iniciais dos mesmos; data, sendo possível selecionar uma data específica ou intervalo determinado e por fim seleção de auscultas conforme a patologia. O registro das patologias será pré-configurado, caso a patologia não esteja contida na relação haverá a possibilidade de adicionar patologia clicando em (+).

Ao escolher compartilhamento aberto (🔓) os arquivos ficarão disponíveis para todos os usuários credenciados como profissionais ou estudantes e identificados ao final pelo símbolo (👤), sendo possível identificar a patologia quando disponível, porém não será possível identificar nesta modalidade o profissional que realizou a ausculta.

Ao escolher compartilhamento restrito (@) os arquivos ficarão disponíveis apenas no(s) dispositivo(s) da(s) pessoa(s) indicada(s), não sendo possível o compartilhamento a partir do receptor, exceto se este for indicado como coautor da ausculta realizada. Nestes casos além da identificação da ausculta será possível identificar o profissional que realizou a ausculta. Os formatos de tela contendo as possibilidades da fonoteca estão dispostas na figura 4.






Figura 4: a) esboço da fonoteca privada; b) livre; c) restrita.



Fonte: Próprio autor.

7.3 Ferramenta Teaching

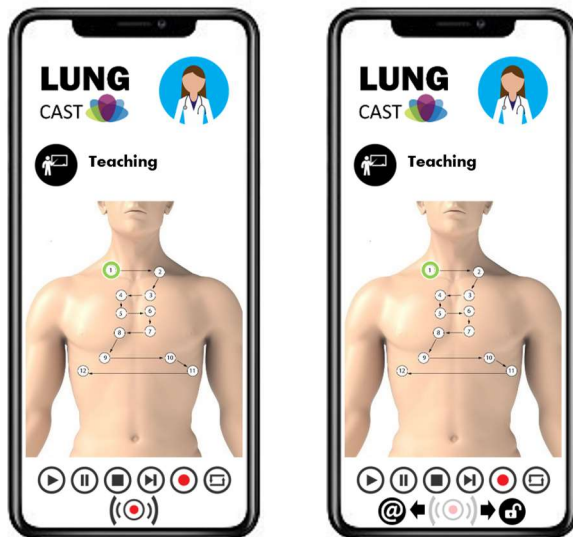
Com a ferramenta Teaching é possível ativar o “live streaming” e realizar envio simultâneo para usuários específicos ou em formato aberto para todos os usuários que estejam utilizando o aplicativo com credenciais estudante ou para aqueles que estejam utilizando credenciais de profissional porém com a ferramenta “learning” ativada.

Ao clicar em ativar gravação e live streaming () aparecerão as seguintes opções: aberto (), cujo acesso estará disponível a todos usuários da plataforma, que se enquadrem no perfil profissional ou estudante e que estejam acessando a ferramenta learning; ou de forma restrita () disponível apenas para aqueles cuja a entrada se deu através de link específico, o qual será gerado instantaneamente clicando em () e em seguida () para ser enviado via WhatsApp, e-mail, Messenger, direct ou via torpedeo conforme disposto na figura 5.

7.4 Ferramenta Learning

Através desta ferramenta será possível entrar em salas de auscultação e acompanhar aquelas que estarão sendo realizadas em qualquer lugar do mundo e que estejam em formato aberto. Será ainda possível selecionar de acordo com: o perfil de paciente (idoso, adulto, jovem, adolescente, criança ou neonato), que está sendo submetido a auscultação; e a patologia. O acesso ainda poderá ser realizado de forma restrita, como por exemplo um professor que está ministrando uma aula prática na UTI e envia um link para acesso. Desta forma o compartilhamento será restrito, sendo permitido apenas para aqueles que possuírem o link ou o código de acesso.

Figura 5: a) esboço da ferramenta teaching; b) ativação do *live streaming* com as opções restrita ou aberta.



Fonte: Próprio autor.

7.5 Ferramenta de análise

Acessando a Plataforma com credenciais de profissional ou estudante estará disponível a ferramenta “análise integral da ausculta” onde será possível analisar o som captado e mensurar frequência amplitude, timbre e formato das ondas conforme demonstrado na figura 6. Correlacionando com o padrão de ausculta com achados patológicos possibilitando o armazenamento com a identificação da patologia em Diferentes categorias. Esta ferramenta de análise será baseada em aprendizado de máquina e conforme novos arquivos de auscultas seja carregados na plataforma mais acurada se tornará a análise.

Para evitar erros de aprendizado, as auscultas que serão submetidas a rede neural, partirão de captações realizadas exclusivamente por profissionais, e além disso serão submetidas a análise prévia de especialistas, os quais classificarão a ausculta baseados nos sons obtidos, na análise gráfica, na avaliação da frequência e na duração dos sons.

7.6 Salas temáticas: Conexão Saúde e Chat


No ambiente Conexão Saúde haverá restrição de usuário, sendo acesso exclusivo aos profissionais de saúde que tiveram suas credenciais checadas e confirmadas. A partir do acesso à Conexão Saúde pelo botão  o usuário acessará um fórum onde profissionais estarão compartilhando casos clínicos, descrevendo tratamentos e compartilhando as auscultas obtidas. Neste ambiente será possível envio de imagens como tomografia computadorizada e radiografias. Não será permitida a identificação de pacientes em nenhuma hipótese, nem mesmo mediante autorização, uma vez que tal procedimento não acarretará em benefício à plataforma.

Figura 6 – Esboço da ferramenta de análise integral da ausculta.



Fonte: Próprio autor.

Para acessar ou iniciar uma conversa pessoal ou em grupo poderá ser utilizada a ferramenta chat (☺), para facilitar poderá ser salvo uma lista de contatos na plataforma LungCast ou enviar link via outras mídias sociais. Caso o usuário que receba o link ainda não possua o LungCast instalado em seu celular será enviado o convite direcionando para a loja virtual específica a depender do sistema operacional utilizado IOS ou Android. A ferramenta chat poderá ser utilizada nos perfis Profissional ou estudante de saúde.

7.7 Acesso com perfil estudante

O usuário estudante de saúde terá acesso semelhante aos profissionais sendo o diretório de gravação finalizado com a designação ST para identificar na rede os sons que foram gravados por estudantes. Ao ser registrado o perfil estudante de saúde, será necessário preenchimento de dados pessoais incluindo curso e o nome da instituição de ensino superior conforme demonstrado na figura 7. Para efetivar o acesso como estudante será necessário o envio do comprovante de matrícula. Enquanto os dados estiverem sob análise será ofertado acesso temporário com todas as funcionalidades do perfil estudante. Uma vez credenciado com estudante estarão disponíveis as ferramentas: Ausculta guiada (com as funções “repeat” e “skip” ativadas); Ausculta livre; Gravação exclusiva; Gravação com transmissão simultânea (limitada a compartilhamento restrito); Fonoteca de auscultas na nuvem; Ferramenta Learning e chat.

Com as credenciais de estudante não será permitido o acesso da ferramenta “Teacher” porém estará disponível nesta categoria a ferramenta “Tutor” que permitirá o acesso “live streaming” a 10 usuários simultâneos. Também será possível gravação e envio dos sons em tempo real para usuários cadastrados como profissionais ou estudantes.

Figura 7: Esboço do acesso a plataforma LungCast utilizando o perfil estudante. Em a) modelo de registro; b) ferramentas disponíveis no perfil estudante.



Fonte: Próprio autor.

7.8 Acesso com perfil paciente

Ao acessar a plataforma com credenciais de paciente será permitido acesso ao menu básico do aplicativo, sendo possível a partir do mesmo realizar a captação da ausculta seguindo o passo a passo autoexplicativo (ausculta guiada); realizar uma consulta a distância com um profissional de saúde e ainda enviar arquivos contendo exames de imagens, laboratoriais e clínicos.

Ao ser registrado o perfil paciente, será necessário preenchimento de dados pessoais incluindo e-mail e código que será enviado pelo profissional mediante solicitação. Para acesso temporário a plataforma não será necessário a digitação do código, no entanto para realização de consulta remota a mesma só será disponibilizada mediante código ou link enviado pelo profissional de saúde.

Os sons pulmonares captados poderão ser gravados, gravados e transmitidos simultaneamente ou enviados posteriormente. Os sons captados a partir do perfil paciente serão identificados pela terminação pt e não ficarão disponíveis na fonoteca. Além disso o compartilhamento será exclusivo com o profissional de saúde cadastrado na plataforma, obtendo contato com o mesmo a partir de link gerado pelo profissional durante uma consulta remota ou por solicitação do paciente na ferramenta consulta com o especialista. para tanto será necessário que você o identifique corretamente no aplicativo.

Serão disponibilizadas 2 possibilidades: gravação para posterior envio ou envio simultâneo, que permitirá ao profissional de saúde realizar avaliação em tempo real.

8. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO NAVEGÁVEL

Para o desenvolvimento do protótipo navegável, foi disponibilizado a equipe de designer todos os dados relativos ao projeto e com base no desenho virtual foi possível tornar compreensível o referencial teórico e colocou-se em prática a fase de briefing, que consistiu na

familiarização com o objetivo do aplicativo, seu público-alvo, as funcionalidades necessárias e as expectativas do cliente e dos usuários. Para entender o fluxo de navegação dos usuários na interface, foram criados wireframes de baixa fidelidade, resultando em uma estimativa inicial de 110 telas de interface. Em seguida, foi realizada a confecção do protótipo navegável, o qual, para esta etapa inicial constará apenas da interface relativa ao acesso dos profissionais de saúde. A escolha da interface para profissionais de saúde deu-se em virtude de ser a interface mais completa, a qual permitirá, análise mais acurada da usabilidade da plataforma.

Nessa fase, foram escolhidas paletas de cores, tipografias, ícones e outros elementos visuais que ajudam a transmitir a mensagem do aplicativo. Em seguida, foi criado um fluxo de navegação prático para que os usuários possam testar e ter acesso as funcionalidades que serão desenvolvidas e aprimoradas na interface do aplicativo.

A interação com o dispositivo é um campo complexo e ao mesmo tempo determinante para o sucesso na utilização de qualquer equipamento ou software, uma vez que se trata da experiência do usuário. Antes de prosseguir em qualquer projeto deve-se avaliar se o mesmo atenderá as expectativas e /ou necessidades do usuário, desta forma a interface deve ser capaz de causar e influenciar percepções e comportamentos que gerem feedbacks positivos devendo-se levar em consideração aspectos cognitivo, emocional, social e ambiental. Quando aplicativos de assistência médica e designers de conteúdo não levam em consideração as considerações de UX, os resultados podem ser altamente prejudiciais para o objetivo que o produto deveria atingir.

Embora usabilidade e funcionalidade sejam aspectos importantes da UX, é necessário diferenciar o que não é experiência do usuário, ou pelo menos não é seu aspecto fundamental. A experiência do usuário não está relacionada apenas ao funcionamento interno de um produto ou serviço, mas sobre como funciona do lado de fora, ou seja, a relação desenvolvida entre o usuário e o dispositivo. Em outras palavras, UX não é estética, usabilidade, funcionalidade ou eficiência. Em vez disso, UX é o resultado das interações desses elementos e como estas relações tornaram mais prazerosas as experiências e utilizações do produto. Neste contexto, a plataforma a ser desenvolvida poderá proporcionar uma melhor experiência aos usuários do estetoscópio eletrônico, e quiçá, tornar este equipamento mais próximo e acessível ao seu público final, ou seja, os profissionais de saúde.

Para o desenvolvimento do protótipo navegável, foi utilizada a plataforma Figma que é uma plataforma de design de interface de usuário (UI) e design de experiência do usuário (UX) baseada na web, ou seja, não é necessário instalar nenhum software ou aplicativo no computador.

Outro ponto que favoreceu a escolha pela plataforma Figma deu-se pelo fato de ser um ambiente de perfil colaborativo e que permite o trabalho simultâneo e em tempo real, de forma que várias pessoas trabalhem e interajam no mesmo projeto, economizando tempo e processos. Isso torna muito mais fácil para as equipes colaborarem em projetos de design, especialmente quando estão localizadas em diferentes regiões geográficas.

Outra vantagem da Figma é a sua ampla gama de recursos e ferramentas de design, que incluem desde recursos básicos, como formas e vetores, até recursos avançados, como animações e prototipagem interativa. Além disso, o ambiente apresenta interface intuitiva e fácil usabilidade.

9. RISCOS, BENEFÍCIOS E DIFICULDADES

A plataforma quando estiver em funcionamento será acessada por diversas pessoas sendo pacientes, estudantes e profissionais de saúde. Neste contexto, diversas informações poderão ser trocadas entre os usuários sendo um risco a exposição a terceiros destes dados. Para minimizar este risco, os usuários com perfil de paciente só poderão estabelecer contato com os usuários cadastrados como profissionais e cuja identidade já tenha sido checada. Todos os usuários serão informados quanto a sua responsabilidade em não divulgar os dados de terceiros, como nome, endereço, documentos e exames de qualquer espécie. Bem como serão informados que estarão submetidos a Lei Geral de Proteção de Dados de 14 de agosto de 2018.

As tomadas de decisão por parte dos profissionais de saúde, quando realizarem atendimentos de forma remota será de inteira responsabilidade dos mesmos. Tanto pelo atendimento, avaliação e prescrição, seja de medicamentos, dietas, exercícios físicos ou atividades de qualquer natureza.

No campo Conexão Saúde só serão permitidas as participações de profissionais, os quais serão responsáveis pelas informações ali contidas. A plataforma seguirá um rígido controle de forma a manter a criptografia ponto a ponto de forma a não haver o compartilhamento de informações privadas fora do âmbito já mencionado.

Como benefício entendemos que a plataforma quando em funcionamento facilitará a relação terapeuta paciente, principalmente no que diz respeito ao atendimento a distância; facilitará as relações de ensino e aprendizado e ajudará na elucidação de diagnósticos e condução assertiva dos pacientes, possibilitando tratamento adequado e no tempo certo.

Como interface de colaboração, possivelmente, será estabelecida uma nova relação entre os profissionais de saúde e o estetoscópio eletrônico, permitindo identificação mais assertiva, troca de informações e um prática mais prazerosa da avaliação clínica. Além disso, facilitará o acesso a acervos de ausculta, desempenhando um papel importante, principalmente para aqueles menos experientes, tornando-se um ambiente onde os profissionais poderão recorrer não apenas no ato da ausculta, mas como ferramenta de aprendizado.

10. RESULTADOS ESPERADOS

Em virtude de se tratar de uma plataforma colaborativa, onde diversos recursos da ausculta eletrônica serão aprimoradas e diversas ferramentas estarão à disposição dos usuários esperamos ampla adesão por parte da equipe de saúde, do corpo docente e discente. Onde compartilharão suas auscultas, poderão participar de aulas dinâmicas, tirar dúvidas em tempo real, aprender as características peculiares da ausculta de cada patologia.

Além de ser uma ferramenta voltada para profissionais e estudantes de saúde, a plataforma também contará com a adesão da população em geral, indivíduos que a qualquer momento poderão tornarem-se pacientes, tendo em vista a possibilidade da consulta remota. A solução de ausculta em domicílio poderá ser realizada de diversas formas, uma delas, que pretende-se implantar é a criação de uma base de apoio contando com estetoscópios eletrônicos os quais serão enviados a residência do paciente mediante agendamento da consulta via plataforma.

Ao passo que as auscultas estarão sendo realizadas, a base de dados vai sendo incrementada e simultaneamente o aprendizado de máquinas será aprimorado, permitindo o desenvolvimento de um programa de reconhecimento de ausculta, o qual será capaz de

identificar não apenas o tipo de ausculta, bem como correlacionar com possíveis patologias.

11. IMPACTOS ESPERADOS

Apesar da existência do estetoscópio eletrônico como um recurso de avaliação sua utilização ainda não se consolidou na prática clínica. Esperamos com a implantação da plataforma estimular a utilização deste recurso, potencializar e popularizar seu uso.

Uma vez sendo utilizada a plataforma poderá ajudar a ausculta pulmonar a tornar-se um método avaliativo objetivo, onde os critérios como frequência, intensidade e duração dos sons poderão ser avaliados e através destas análises identificar padrões específicos da ausculta e consequentemente distinguir as patologias e sua fase evolutiva.

Outro benefício à comunidade científica, será a possibilidade de realização de estudos, tendo a ausculta como uma ferramenta objetiva, bem como utilizar a ferramenta de análise baseada em inteligência artificial, o que possibilitará a análise antes e depois da aplicação de técnicas fisioterapêuticas, da utilização de medicamentos ou ainda a influência das alterações posturais.

Como ferramenta de ensino os potenciais a serem explorados são diversos, desde a possibilidade de auscultar simultaneamente em conjunto com o professor ou preceptor, de forma a dirimir quaisquer possibilidades de dúvidas; a possibilidade de acessar as audiotecas com os sons gravados de ausculta, além da utilização do recurso de identificação da ausculta a partir da inteligência artificial.

Além dos benefícios proporcionados ao corpo de saúde e seus estudantes, uma das barreiras ao exame realizado de forma remota, que hoje esbarra na impossibilidade de auscultar o paciente, seria quebrada. Facilitando o acesso a atendimento de qualidade por parte da população principalmente aquelas com difícil acesso e número restrito de profissionais, dentre estes médicos, fisioterapeutas e enfermeiros.

Desta forma, esperamos contribuir de forma significativa com a mudança na forma de auscultar, ensinar e sobretudo de como prestar serviços a distância. O qual não apenas possibilitará o diagnóstico mas facilitará tratamento e avaliações necessárias a seguridade social.

12. CONCLUSÃO

Através da revisão de literatura que realizamos, bem como pelos dados coletados através do questionário, percebemos que a ausculta pulmonar é um processo avaliativo, que apresenta caráter subjetivo e uma grande variabilidade entre examinadores, e portanto tornando-se um método pouco confiável.

Entendemos também que os recursos para tornar a ausculta uma ferramenta objetiva, assertiva e com alto nível de consciência já existe, porém a interface estabelecida entre o dispositivo e o usuário, bem como o custo com esta ferramenta resultou em afastamento por

parte da equipe de saúde, a qual subentende que tais procedimentos se restringem ao campo acadêmico.

Ao colocar esta ferramenta à disposição da comunidade científica e da sociedade, esperamos contribuir de forma significativa com a mudança na forma de auscultar, ensinar e sobretudo de como prestar serviços à distância, o que possibilitará não apenas o diagnóstico mas facilitará tratamento e avaliações necessárias a seguridade social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, S. *et al.* Classification Of Normal and Abnormal Lung Sounds Using Neural Network and Support Vector Machines. **International Conference on Biomedical Engineering and Technology**, p. 31–34, 2013.
- ALANZI, T.; AL-YAMI, S. Physicians' attitude towards the use of social media for professional purposes in Saudi Arabia. **International Journal of Telemedicine and Applications**, v. 2019, p. 15–19, 2019.
- ANDRÈS, E. *et al.* Respiratory sound analysis in the era of evidence-based medicine and the world of medicine 2.0. **Journal of Medicine and life**, v. 11, n. 2, p. 89–106, 10 abr. 2018.
- AZMY, M. M. Classification of lung sounds based on linear prediction cepstral coefficients and support vector machine. 2015 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies, AEECT 2015. **Anais Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.**, 17 dez. 2015
- BAHOURA, M.; PELLETIER, C. Respiratory sounds classification using cepstral analysis and Gaussian mixture models. **Annual International Conference of the IEEE EMBS**, n. 2, p. 9–12, 2005.
- BENDASSOLLI, P. F.; WOOD JR, T.; KIRSCHBAUM, C. INDÚSTRIAS CRIATIVAS: DEFINIÇÃO, LIMITES E POSSIBILIDADES. **Research & Development**, v. 195, p. 918–921, 2009.
- BOHADANA, A. *et al.* Influence of observer preferences and auscultatory skill on the choice of terms to describe lung sounds: A survey of staff physicians, residents and medical students. **BMJ Open Respiratory Research**, v. 7, n. 1, p. 1–7, 2020.
- BOHADANA, A.; IZBICKI, G.; KRAMAN, S. S. Fundamentals of lung auscultation. **New England Journal of Medicine**, v. 370, n. 8, p. 744–751, 2014a.
- _____. Fundamentals of Lung Auscultation. **New England Journal of Medicine**, v. 370, n. 8, p. 744–751, 20 fev. 2014b.
- BOSUBABU SAMBANA. Internet of Things: Applications and Future Trends. **International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering Internet of Things: Applications and Future Trends**, v. 5, n. 3, p. 5194–5202, 2017.
- BOUKHRIS, M. *et al.* Cardiovascular Implications of the COVID-19 Pandemic: A Global Perspective. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 36, n. 7, p. 1068–1080, 2020.
- BROOKS, D.; THOMAS, J. Interrater reliability of auscultation of breath sounds among physical therapists. **Physical Therapy**, v. 75, n. 12, p. 1082–1088, 1995.
- CUNNINGHAM, S.; HIGGS, P. Measuring creative employment: Implications for innovation policy. **Innovation: Management, Policy and Practice**, v. 11, n. 2, p. 190–200, 2009.
- DARGAN, S. *et al.* A Survey of Deep Learning and Its Applications: A New Paradigm to Machine Learning. **Archives of Computational Methods in Engineering**, n. July, 2019.
- DEDE, G.; SAZLI, M. H. Speech recognition with artificial neural networks. **Digital Signal**

Processing: A Review Journal, v. 20, n. 3, p. 763–768, 2010.

DIAS, G. L. *et al.* CLASSIFICADOR DE SONS PULMONARES: UMA ABORDAGEM BASEADA EM FFT E MÁQUINA DE VETOR DE SUPORTE. **Repositório**, p. <http://repositorio.ufla.br/handle/1/36799>, 2018.

EMMANOUILIDOU, D. *et al.* Computerized Lung Sound Screening for Pediatric Auscultation in Noisy Field Environments. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 65, n. 7, p. 1564–1574, 2018.

FERRAZ, A. P. *et al.* A história do estetoscópio e da ausculta cardíaca. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 21, n. 4, p. 479–485, 2011.

FLETCHER, J. Deepfakes, artificial intelligence, and some kind of dystopia: The new faces of online post-fact performance. **Theatre Journal**, v. 70, n. 4, p. 455–471, 2018.

FULANETTO, K. C.; PITTA, F. TERMINOLOGIAS PARA DESCREVER A AUSCULTA PULMONAR: MUDANÇAS NECESSÁRIAS QUE NOS ATINGEM? **Assobrafir Ciência**, v. 8, n. 1, p. 7–9, 2017.

GLOBAL HARMONIZATION TASK FORCE. Global Harmonization Task Force Study Group 1: Definition of the Terms Medical Device and In Vitro Diagnostic (IVD) Medical Device. **Global Harmonization Task Force**, n. Ivd, p. 1–6, 2012.

GRUNNREIS, F. O. (UNIVERSITY OF T. Intra- and interobserver variation in lung sound classification . Effect of training . **UIT**, 2016.

GRZYWALSKI, T. *et al.* Practical implementation of artificial intelligence algorithms in pulmonary auscultation examination. **European Journal of Pediatrics**, p. 883–890, 2019.

GURUNG, A. *et al.* Computerized lung sound analysis as diagnostic aid for the detection of abnormal lung sounds: A systematic review and meta-analysis. **Respiratory Medicine**, v. 105, n. 9, p. 1396–1403, 2011.

HAFKE-DYS, H. *et al.* The accuracy of lung auscultation in the practice of physicians and medical students. **PLoS ONE**, v. 14, n. 8, 2019.

HAIDER, N. S. *et al.* Savitzky-Golay Filter for Denoising Lung Sound. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, n. 0, 29 nov. 2018.

HASHEMI, A.; ARABALIBIEK, H.; AGIN, K. Classification of wheeze sounds using wavelets and neural networks. **International Conference on Biomedical Engineering and Technology**, v. 11, n. July 2016, p. 127–131, 2011.

HENRIK, P.; SVEND, N. Stethoscope - Over 200 years. **Journal of Pulmonology and Respiratory Research**, v. 3, n. 1, p. 001–008, 2019.

HERZLINGER, R. E. Por que a inovação na área da saúde é tão difícil. **Harvard Business Review**, v. 18, p. 32–40, 2006.

HIMESHIMA, M. *et al.* DETECTION OF ABNORMAL LUNG SOUNDS TAKING INTO ACCOUNT DURATION DISTRIBUTION FOR ADVENTITIOUS SOUNDSEuropean Signal Processing Conference. **Anais...Bucharest: 2012**

HUSSAIN, S. *et al.* Speech Recognition Using Artificial Neural Network. **Lecture Notes in Networks and Systems**, v. 213, p. 83–92, 2022.

JAUHAR, S. The Demise of the Physical Exam. **New England Journal of Medicine**, v. 354, n. 6, p. 548–551, 2006.

KIM, Y. *et al.* The coming era of a new auscultation system for analyzing respiratory sounds. **BMC Pulmonary Medicine**, v. 22, n. 1, p. 1–11, 2022.

LEAL, A. *et al.* **Detection of different types of noise in lung sounds** Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS. **Anais...**Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 13 out. 2016

LEE, N.; DREVER, E. The Creative Industries, Creative Occupations and Innovation in London. **European Planning Studies**, v. 21, n. 12, p. 1977–1997, 2013.

LENG, S. *et al.* The electronic stethoscope. **BioMedical Engineering Online**, v. 14, n. 1, p. 1–37, 2015.

LI, L. *et al.* **Adaptive noise cancellation and classification of lung sounds under practical environment** Proceedings of 2016 10th IEEE International Conference on Anti-Counterfeiting, Security, and Identification, ASID 2016. **Anais...**Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 7 mar. 2017

MAMORITA, N. *et al.* Development of a Smartphone App for Visualizing Heart Sounds and Murmurs. **Cardiology (Switzerland)**, v. 137, n. 3, p. 193–200, 2017.

MARAS, M. H.; ALEXANDROU, A. Determining authenticity of video evidence in the age of artificial intelligence and in the wake of Deepfake videos. **International Journal of Evidence and Proof**, v. 23, n. 3, p. 255–262, 2019.

MARKEL, H. The Stethoscope and the Art of Listening. **New England Journal of Medicine**, v. 354, n. 6, p. 551–553, 2006.

MARQUES, A.; BRUTON, A.; BARNEY, A. COMPUTER AIDED LUNG SOUND ANALYSIS: A Preliminary Study to Assess its Potential as a New Outcome Measure for Respiratory Therapy. **HEALTHINF 2009 - Proceedings of the 2nd International Conference on Health Informatics**, p. 251–256, 2009.

MELBYE, H. [Auscultation of the lungs--still a useful examination?]. **Tidsskr Nor Laegeforen.** v. 121, n. 4, p. 451–4, 10 fev. 2001.

MURPHY, R. L. In defense of the stethoscope and the bedside. **American Journal of Medicine**, v. 108, n. 8, p. 669–671, 2008.

MURPHY, R. L. H. In defense of the stethoscope. **Respiratory Care**, v. 53, n. 3, p. 355–369, 2008.

MUSSELL, M. J. The need for standards in recording and analysing respiratory sounds. **Med & Biol. Eng. & Comput.**, v. 30, p. 129–139, 1992.

OBULESU, O.; MAHENDRA, M.; THRILOKREDDY, M. Machine Learning Techniques and Tools: A Survey. **Proceedings of the International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2018**, n. Icirca, p. 605–611, 2018.

OXFORD ECONOMICS. **The Economic Impact of the Creative Industries in the Americas.** p. 78, 2014.

PALANIAPPAN, R.; SUNDARAJ, K.; AHAMED, N. U. Machine learning in lung sound analysis: A systematic review. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, v. 33, n. 3, p.

129–135, 2013.

PASTERKAMP, H. *et al.* Towards the standardisation of lung sound nomenclature. **European Respiratory Journal**, v. 47, n. 3, p. 724–732, 2016.

PAULA, D. P. S. DE *et al.* Integração do ensino, pesquisa e extensão universitária na formação acadêmica: percepção do discente de enfermagem. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 33, p. e549, 2019.

PINI, M. P.; ZANCUL, E. DE S. **Biodesign : experiências no exterior e uma proposta para a Escola Politécnica**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016.

POTTS, J. Creative industries and innovation policy. **Innovation: Management, Policy and Practice**, v. 11, n. 2, p. 138–147, 2009.

PRAMONO, R. X. A.; BOWYER, S.; RODRIGUEZ-VILLEGAS, E. Automatic adventitious respiratory sound analysis: A systematic review. **Plos One**. v. 12, n.5, p. 1-48.

QUANDT, V. I. *et al.* Pulmonary crackle characterization: Approaches in the use of discrete wavelet transform regarding border effect, mother-wavelet selection, and subband reduction. **Revista Brasileira de Engenharia Biomedica**, v. 31, n. 2, p. 148–159, 2015.

REICHERT, S. *et al.* Analysis of respiratory sounds: state of the art. **Clinical medicine. Circulatory, respiratory and pulmonary medicine**, v. 2, p. 45–58, 2008.

RIELLA, R. J. *et al.* Automatic wheezing recognition in recorded lung sounds. **roceedings of the 25& Annual Intemational Conference of the IEEE**, p. 2535–2538, 2003.

RIELLA, R. J.; NOHAMA, P.; MAIA, J. M. Method for automatic detection of wheezing in lung sounds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 42, n. 7, p. 674–684, 2009.

RIZAL, A.; HIDAYAT, R.; NUGROHO, H. A. Lung sounds classification using spectrogram's first order statistics features. **Proceedings - 2016 6th International Annual Engineering Seminar, InAES 2016**, p. 96–100, 2017.

ROGUIN, A. Rene theophile hyacinthe laënnec (1781-1826): The man behind the stethoscope. **Clinical Medicine and Research**, v. 4, n. 3, p. 230–235, 2006.

SANCHEZ, F. L.; MACIEL, C. D. **Análise cepstral baseada em diferentes famílias de transformada Wavelet**. São Carlos: [s.n.].

SCHREUR, H. J. W. *et al.* Lung sound intensity in patients with emphysema and in normal subjects at standardised airflows. **Thorax**, v. 47, n. 9, p. 674–679, 1992.

SEMEDO, J. *et al.* Computerised Lung Auscultation - Sound Software (CLASS). **Procedia Computer Science**, v. 64, p. 697–704, 2015.

SOVIJÄRVI, A. R. A. *et al.* Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds. **European Respiratory Review**, v. 10, n. 77, p. 591–596, 2000.

SOVIJÄRVI, A. R. A.; VANDERSCHOOT, J.; EARIS, J. E. Standardization of computerized respiratory sound analysis. **European Respiratory Review**, v. 10, n. 77, p. 585, 2000.

STASZKO, K. F. *et al.* January of 1980 and December of 2003. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 32, n. 5, p. 400–404, 2003.

TILLES, S. A. Differential diagnosis of adult asthma. **Medical Clinics of North America**, v. 90, n. 1, p. 61–76, 2006.

VANNUCCINI, L. *et al.* Capturing and preprocessing of respiratory sounds. **European Respiratory Review**, v. 10, n. 77, p. 616–620, 2000.

WANG, D. *et al.* 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC) proceedings : 14 Oct. - 17 Oct. 2016, Chengdu, China The Research Progress about the Intelligent Recognition of Lung Sounds Dongfang. **Anais 016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC) proceedings 2016** Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020167943&partnerID=40&md5=1787b153e06e9d9214f1a7b87329589b>>

WATROUS, R. L.; GROVE, D. M.; BOWEN, D. L. Methods and results in characterizing electronic stethoscopes. **Computers in Cardiology**, v. 29, p. 653–656, 2002.

WEINBERGER, M.; ABU-HASAN, M. Pseudo-asthma: When cough, wheezing, and dyspnea are not asthma. **Pediatrics**, v. 120, n. 4, p. 855–864, 2007.

XAVIER, G.; MELO-SILVA, C. A. Acurácia da ausculta torácica na detecção de mecânica respiratória anormal no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 45, n. 5, p. 1–8, 2019.

XAVIER, G. N.; AMADO, V. M.; SANTOS, C. E. V. G. ACURÁCIA DA AUSCULTA PULMONAR NA DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO: UM ESTUDO TRANSVERSAL DIAGNÓSTICO. **J Bras Pneumol.**;45(5) 2019 .

ANEXO 1

AUSCULTA PULMONAR NA PRÁTICA CLÍNICA

Percepção da comunidade de saúde acerca da ausculta pulmonar e da utilização do estetoscópio

Após a identificação profissional e do tempo de experiência seguirão as perguntas específicas as quais se darão em formato no qual você apontará seu nível de concordância com uma determinada afirmação.

PROFISSÃO (VÁLIDO TAMBÉM PARA ESTUDANTES): *

TEMPO DE EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL: *

QUANTO A ACURÁCIA DA AUSCULTA PULMONAR *

	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO EM PARTE	NÃO CONCORDO NEM DISCORDO	DISCORDO EM PARTE	DISCORDO TOTALMENTE
DEPENDE DO EQUIPAMENTO QUE ESTÁ SENDO UTILIZADO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DEPENDE DA EXPERIÊNCIA CLÍNICA DE QUEM ESTÁ REALIZANDO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DEPENDE DO AMBIENTE ONDE ESTÁ SENDO REALIZADA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DEPENDE DA PATOLOGIA QUE ESTÁ SENDO INVESTIGADA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DEPENDE DO BIÓTIPO DO PACIENTE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AGITAÇÃO DO PACIENTE PODE INTERFERIR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

EM RELAÇÃO AOS TERMOS UTILIZADOS PARA DESCREVER A AUSCULTA
PULMONAR

*

	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO EM PARTE	NÃO CONCORDO NEM DISCORDO	DISCORDO EM PARTE	DISCORDO TOTALMENTE
A NOMENCLATURA EMPREGADA É MESMA POR TODOS PROFISSIONAIS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
COSTUMO VER NAS EVOLUÇÕES OS TERMOS ESTERORES FINOS E GROSSOS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NÃO RECORDE DE TER VISTO EM EVOLUÇÕES O TERMO SOM BRONCOVESICULAR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
GERALMENTE APÓS DESCRIÇÃO DOS SIBILOS CONSTA SE O MESMO FOI INS OU EXPIRATÓRIO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O TERMO ATRITO PLEURAL NÃO É MAIS EMPREGADO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

QUANTO A UTILIZAÇÃO DO ESTETOSCÓPIO ELETRÔNICO *

	CONCORDO TOTALMENTE	CONCORDO EM PARTE	NÃO CONCORDO NEM DISCORDO	DISCORDO EM PARTE	DISCORDO TOTALMENTE
O MODELO ELETRÔNICO É UTILIZADO POR GRANDE PARTE DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A AUSCULTA ELETRÔNICA PERMITE IDENTIFICAR ALTERAÇÕES NÃO DETECTÁVEIS PELO MÉTODO TRADICIONAL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A UTILIZAÇÃO DE ESTETOSCÓPIO ELETRÔNICO SEM TUBOS PODE MINIMIZAR SUA CONTAMINAÇÃO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A UTILIZAÇÃO DE FILTROS PARA ELIMINAÇÃO DE RÚIDOS É UMA BOA ALTERNATIVA, PRINCIPALMENTE PARA AQUELES COM POUCA EXPERIÊNCIA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SE O CUSTO DE UM ESTETOSCÓPIO ELETRÔNICO FOSSE SIMILAR AOS CONVENCIONAIS EU UTILIZARIA ESTE TIPO DE DISPOSITIVO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A POSSIBILIDADE DE CRIAR UM ARQUIVO DE AUSCULTAS PODE AUXILIAR NA CONDUÇÃO CLÍNICA DOS PACIENTES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>