



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE DO CAMPUS ARARANGUÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Leonardo Bedin Coelho

Aplicação WEB para diagnóstico de sarcopenia

Araranguá
2024

Leonardo Bedin Coelho

Aplicação WEB para diagnóstico de sarcopenia

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Computação submetido ao Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.
Orientador: Prof. Jim Lau, Dr.

Araranguá
2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Coelho, Leonardo Bedin
Aplicação WEB para diagnóstico de sarcopenia / Leonardo
Bedin Coelho ; orientador, Jim Lau, 2024.
26 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Sarcopenia. 3. Aplicação
web. I. Lau, Jim. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia de Computação. III. Título.

Leonardo Bedin Coelho

Aplicação WEB para diagnóstico de sarcopenia

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Computação.

Araranguá, 13 de Dezembro de 2024.



Documento assinado digitalmente
Jim Lau
Data: 13/12/2024 15:19:23-0300
CPF: ***.464.702-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Jim Lau, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Jim Lau
Data: 13/12/2024 15:19:36-0300
CPF: ***.464.702-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Jim Lau, Dr.

Orientador



Documento assinado digitalmente
Analucia Schiaffino Morales
Data: 15/12/2024 20:11:27-0300
CPF: ***.256.420-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa. Analucia Schiaffino Morales, Dra.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Fabrício de Oliveira Ourique
Data: 13/12/2024 16:49:36-0300
CPF: ***.167.860-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Fabrício de Oliveira Ourique, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Aplicação WEB para diagnóstico de sarcopenia

Leonardo Bedin Coelho

2024, DEZEMBRO

Resumo

A sarcopenia é uma condição caracterizada pela perda de massa e função muscular, frequentemente associada a incapacidades físicas e aumento da mortalidade, especialmente em idosos e pessoas obesas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema voltado para o diagnóstico precoce da sarcopenia em diferentes estágios, com foco em sua aplicação em Unidades Básicas de Saúde. O sistema utiliza formulários dinâmicos compostos por perguntas e respostas, permitindo que profissionais de saúde, como fisioterapeutas, identifiquem a presença e o grau da condição nos pacientes. Os resultados preliminares indicam que o sistema oferece suporte eficaz para o diagnóstico em fisioterapia. No entanto, devido ao número limitado de testes realizados, reforça-se a necessidade de validações em maior escala para confirmar sua eficácia em contextos mais amplos.

Palavras-chaves: Sarcopenia, obesidade sarcopênica, aplicação web, tecnologia, avaliação clínica

Web application for sarcopenia diagnosis

Leonardo Bedin Coelho

2024, DEZEMBRO

Abstract

Sarcopenia is a condition characterized by the loss of muscle mass and function, often associated with physical disabilities and increased mortality, particularly in older adults and individuals with obesity. This study presents the development of a system aimed at the early diagnosis of sarcopenia at various stages, focusing on its implementation in Primary Health Care Units. The system employs dynamic forms composed of questions and answers, enabling healthcare professionals, such as physiotherapists, to identify the presence and severity of the condition in patients. Preliminary results indicate that the system effectively supports sarcopenia diagnosis in physiotherapy. However, due to the limited number of tests conducted, further large-scale validations are recommended to confirm its effectiveness in broader contexts.

Key-words: Sarcopenia, sarcopenic obesity, web application, technology, clinical assessment

1 Introdução

O diagnóstico de sarcopenia, condição caracterizada pela redução de massa e força muscular, é tradicionalmente realizado por médicos utilizando protocolos clínicos específicos. Entretanto, o processo pode ser otimizado por meio da participação de outros profissionais da saúde, como técnicos de enfermagem ou fisioterapeutas, que podem atuar em etapas de triagem inicial, particularmente em ambientes de atenção básica, como unidades de saúde. Essa integração contribui para a identificação precoce de casos suspeitos, promovendo maior eficiência no processo diagnóstico. (DONINI et al., 2022)

Além disso, observa-se que grande parte das avaliações relacionadas ao diagnóstico de sarcopenia ainda é conduzida manualmente, com o uso de formulários em papel. Essa prática, além de consumir mais tempo, pode comprometer a padronização e aumentar a suscetibilidade a erros no registro de dados. No atual contexto de digitalização global, a adoção de ferramentas baseadas em tecnologia, como plataformas em nuvem, é essencial para substituir processos manuais e aprimorar a eficiência operacional. No entanto, os métodos digitais existentes para o diagnóstico de sarcopenia frequentemente apresentam limitações quanto à portabilidade, simplicidade de uso e capacidade de adaptação a diferentes realidades clínicas, evidenciando a necessidade de soluções mais robustas e acessíveis. (TEIXEIRA et al., 2022)

A avaliação da sarcopenia, especialmente em idosos e pessoas obesas, representa um desafio clínico, dado que esses grupos apresentam características físicas e condições de saúde distintas. Embora existam diversas ferramentas para auxiliar no diagnóstico e tratamento da sarcopenia (LIAO et al., 2023), muitas dessas soluções não são totalmente adequadas para esses públicos específicos, exigindo ajustes nos protocolos de avaliação. Além disso, muitas tecnologias atuais, como aplicativos de smartphones, são limitadas pelo custo elevado de dispositivos específicos, como os iPhones (MONTEMURRO et al., 2022), restringindo o acesso a essas ferramentas, principalmente em contextos de recursos limitados.

A sarcopenia, especialmente a sarcopenia geriátrica, e a obesidade sarcopênica são condições de saúde que afetam uma grande parte da população, principalmente em ambientes de atenção primária, como as Unidades Básicas de Saúde (UBS). O diagnóstico dessas doenças, tradicionalmente realizado por métodos manuais e demorados, carece de soluções mais rápidas, precisas e acessíveis. Além disso, o aumento da população idosa e obesa reforça a necessidade de ferramentas tecnológicas que auxiliem na detecção precoce dessas condições. (DONINI et al., 2022)

Segundo estudos realizados por Cruz-Jentoft et al. (2010), a prevalência de sarcopenia varia significativamente dependendo da definição utilizada. Em pessoas entre 60-70 anos, a prevalência de sarcopenia é relatada entre 5 a 13%, enquanto em indivíduos acima de 80 anos, essa taxa aumenta para 11 a 50%. Estima-se que atualmente mais de 50 milhões de pessoas sofrem com sarcopenia, número que deve aumentar para mais de 200 milhões nas próximas quatro décadas.

Diante dessas limitações, surge a necessidade de uma solução digital mais acessível e adaptável, capaz de atender diferentes cenários clínicos. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo web que utilize protocolos de diagnóstico flexíveis para sarcopenia em idosos e indivíduos obesos. O objetivo é fornecer uma análise abrangente que identifique diferentes perfis de risco para a sarcopenia, levando em conta as variáveis específicas de cada faixa etária e condição física. O sistema permitirá uma avaliação rápida,

minimizando erros humanos frequentemente associados aos métodos tradicionais.

O presente artigo está organizado em oito seções. A seção 2 aborda os trabalhos relacionados, apresentando um levantamento de estudos sobre sarcopenia e aplicativos associados. Na seção 3 é apresentada a fundamentação teórica, abrangendo conceitos essenciais sobre sarcopenia. A seção 4 descreve a metodologia, detalhando as ferramentas e métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho. A implementação do trabalho é apresentado na seção 6 onde são apresentados os detalhes de desenvolvimento. Os resultados obtidos e as respectivas análises são explorados na 7. Por fim, as considerações finais e proposições futuras, bem como, as referências bibliográficas.

2 Trabalhos Relacionados

Foi realizado uma pesquisa bibliográfica de modo a explorar possíveis soluções para o diagnóstico de Sarcopenia. Esta seção apresentará alguns desses estudos.

Em [Montemurro et al. \(2022\)](#) desenvolveram um aplicativo exclusivo para iPhones, capaz de identificar sintomas de sarcopenia por meio da análise de vídeos. Apesar de apresentar resultados promissores, o aplicativo possui como principal limitação sua exclusividade para dispositivos com sistema operacional iOS, o que restringe o acesso a usuários de outras plataformas, limitando seu alcance e aplicabilidade em contextos mais amplos.

[Teixeira et al. \(2022\)](#) propõem um aplicativo móvel projetado para o diagnóstico de sarcopenia na população europeia, utilizando uma abordagem estruturada baseada no algoritmo EWGSOP2. O sistema integra dispositivos, como dinamômetros, para avaliar a força muscular, além de oferecer suporte ao acompanhamento remoto por profissionais de saúde. Embora a solução demonstre eficiência no contexto europeu, a utilização de fórmulas específicas para essa população representa uma limitação para sua adaptação direta ao contexto brasileiro, devido às diferenças antropométricas e demográficas.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Sarcopenia

A sarcopenia é um distúrbio que afeta a musculatura esquelética progressivamente, caracterizado pela perda de massa e função muscular, que se torna particularmente relevante em populações idosas e obesas e desde 2016 é tratada como doença pela OMS. Este fenômeno está associado a um aumento significativo do risco de resultados adversos, como fragilidade, incapacidade física e mortalidade. Estudos observacionais indicam que indivíduos idosos com o distúrbio da sarcopenia apresentam um risco de incapacidade funcional e de mortalidade que pode ser de duas a quatro vezes maior, em relação àqueles que não apresentam a condição de sarcopenia, segundo as meta-análises, em sua maioria realizada na população do continente europeu e na população dos Estados Unidos. Contudo, poucos estudos foram realizados no contexto asiático, onde as características funcionais e corporais podem diferir significativamente, o que limita a compreensão completa sobre o impacto da sarcopenia nessa população. ([KITAMURA et al., 2021](#))

Com o envelhecimento da população global, a prevalência da sarcopenia tornou-se uma questão de saúde pública cada vez mais urgente, uma vez que se estima que em 2010 haviam 50 milhões de pessoas com sarcopenia ([CRUZ-JENTOFT et al., 2010](#)). A perda de massa muscular esquelética, um processo natural do envelhecimento, está diretamente

associada a incapacidades, quedas e aumento da mortalidade entre adultos mais velhos. Nesse contexto, o reconhecimento e diagnóstico precoces da sarcopenia são fundamentais, especialmente em ambientes de atenção primária. A detecção precoce permite identificar e tratar idosos vulneráveis nas fases iniciais da condição, contribuindo para a redução de complicações e melhorando a qualidade de vida. (WU et al., 2014)

De acordo com Wu et al. (2014), o diagnóstico de sarcopenia na prática clínica pode ser facilitado pela avaliação de três variáveis principais: massa muscular, desempenho físico e força muscular, conforme definido pelo *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP). A escolha de técnicas de avaliação acessíveis, confiáveis, simples e de baixo custo são importante para uma implementação eficaz para a detecção de sarcopenia em diferentes contextos de saúde e estudos epidemiológicos de grande escala. Métodos como análise de impedância bioelétrica, velocidade de marcha usual e força de punho têm se mostrado promissores para avaliar essas variáveis. (WU et al., 2014)

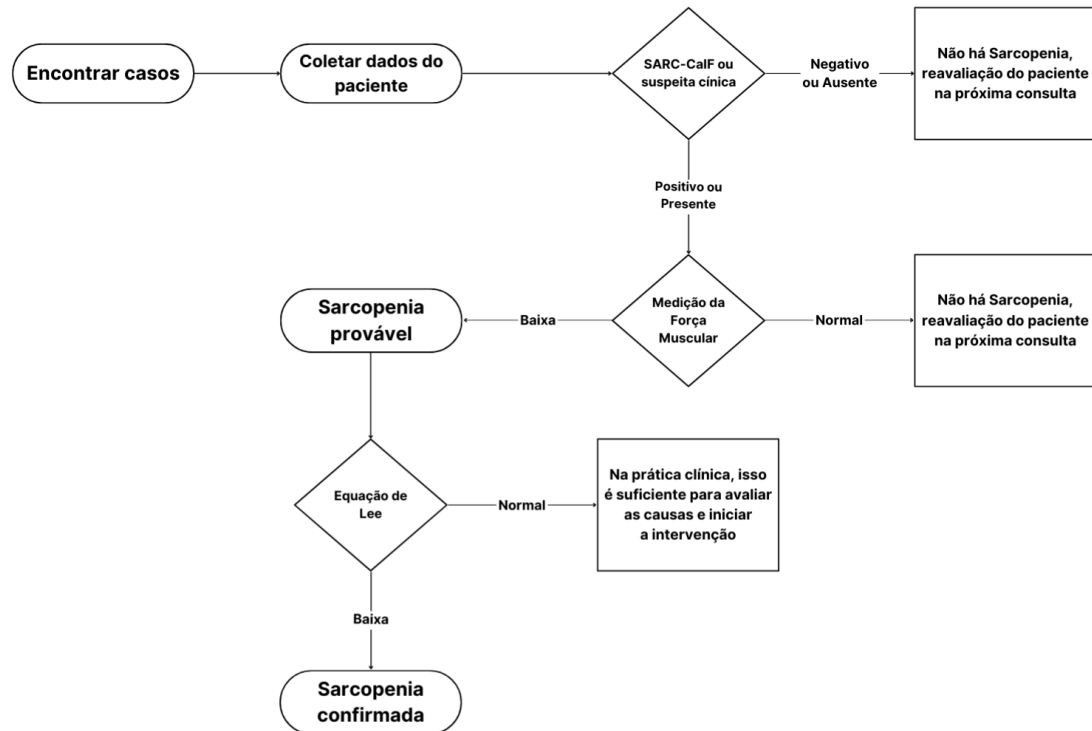
A seguir, serão apresentados dois protocolos de avaliação específicos, voltados para a sarcopenia geriátrica e a obesidade sarcopênica. Esses protocolos serviram como base para o desenvolvimento e implementação das funcionalidades de avaliação do distúrbio no aplicativo.

3.2 Sarcopenia geriátrica

O EWGSOP publicou, em 2019, uma revisão do consenso sobre a definição e diagnóstico de sarcopenia, estabelecendo uma nova metodologia para o diagnóstico clínico. Esse novo algoritmo envolve quatro etapas essenciais: identificação (encontrar) de casos suspeitos, avaliação da condição, confirmação do diagnóstico e estabelecimento da gravidade dos casos, visando facilitar o processo de diagnóstico e melhorar a precisão na detecção da sarcopenia em idosos.

A Figura 1 ilustra o protocolo de avaliação da sarcopenia em pacientes geriátricos. Inicialmente, são identificados os casos suspeitos e coletados os dados clínicos dos pacientes. Em seguida, é realizada uma triagem com avaliação clínica visando detectar sinais de sarcopenia. Se o resultado for negativo, o paciente é reavaliado em consulta subsequente. Caso positivo, é realizada uma avaliação da força muscular. Se a força muscular estiver nos parâmetros de normalidade, o paciente é reavaliado na próxima consulta. Se estiver abaixo do esperado, considera-se sarcopenia provável e é a Equação de Lee para avaliação complementar. A confirmação de baixa massa muscular valida o diagnóstico de sarcopenia, permitindo a identificação das causas subjacentes e o início de intervenções terapêuticas na prática clínica.

Figura 1 – Fluxograma do sistema para Sarcopenia geriátrica



Fonte: Próprio autor baseado em (SARCOPENIA, 2020)

A Equação de Lee é utilizada para calcular o Índice de Massa Muscular Esquelética Apendicular (IMMEA), que é essencial na avaliação da sarcopenia em diferentes populações. Desenvolvida por Lee et al. (2000), a fórmula é tem um papel importante na identificação e acompanhamento de sarcopenia geriátrica, fornecendo uma estimativa confiável da massa muscular em idosos. A equação para essa aplicação é apresentada como segue:

$$\text{IMMEA} = \frac{(0,244 \times \text{Peso Corporal}) + (7,8 \times \text{Altura})}{\text{Altura}^2} + \frac{(6,6 \times \text{Sexo}) - (0,098 \times \text{Idade}) + (\text{Raça} - 3,3)}{\text{Altura}^2} \quad (1)$$

Onde:

- **IMMEA:** índice de massa muscular esquelética apendicular (em kg/m²)
- **Peso Corporal:** peso do paciente em kg
- **Altura:** medida em m
- **Sexo:** valor que pode variar entre 1 para homens e 0 para mulheres
- **Idade:** idade do paciente em anos
- **Raça:** 0 para brancos; 1,4 para negros e -1,2 para asiáticos

3.3 Sarcopenia em obesos

O processo de envelhecimento está associado a mudanças significativas nas funções biológicas do corpo, levando a alterações metabólicas importantes, como aumento do tecido adiposo e diminuição da massa muscular esquelética. Essas mudanças podem levar indivíduos ao desenvolvimento de doenças crônicas, como obesidade e sarcopenia, comprometendo a qualidade de vida. Conforme o [Control e Prevention \(2015\)](#), na última década, houve um aumento significativo na ocorrência da obesidade entre idosos, afetando aproximadamente 44% dos indivíduos com obesidade na faixa etária de 65-74 anos e 3% acima de 75 anos. Além disso, estudos indicam que cerca de 18,6% dos homens e 24,4% das mulheres acima de 65 anos possuem obesidade de grau II, enquanto a taxa de obesidade de grau III atinge 5,7% entre os homens e 11,6% entre as mulheres na mesma faixa etária, conforme destacado por ([MALAFARINA et al., 2012](#)).

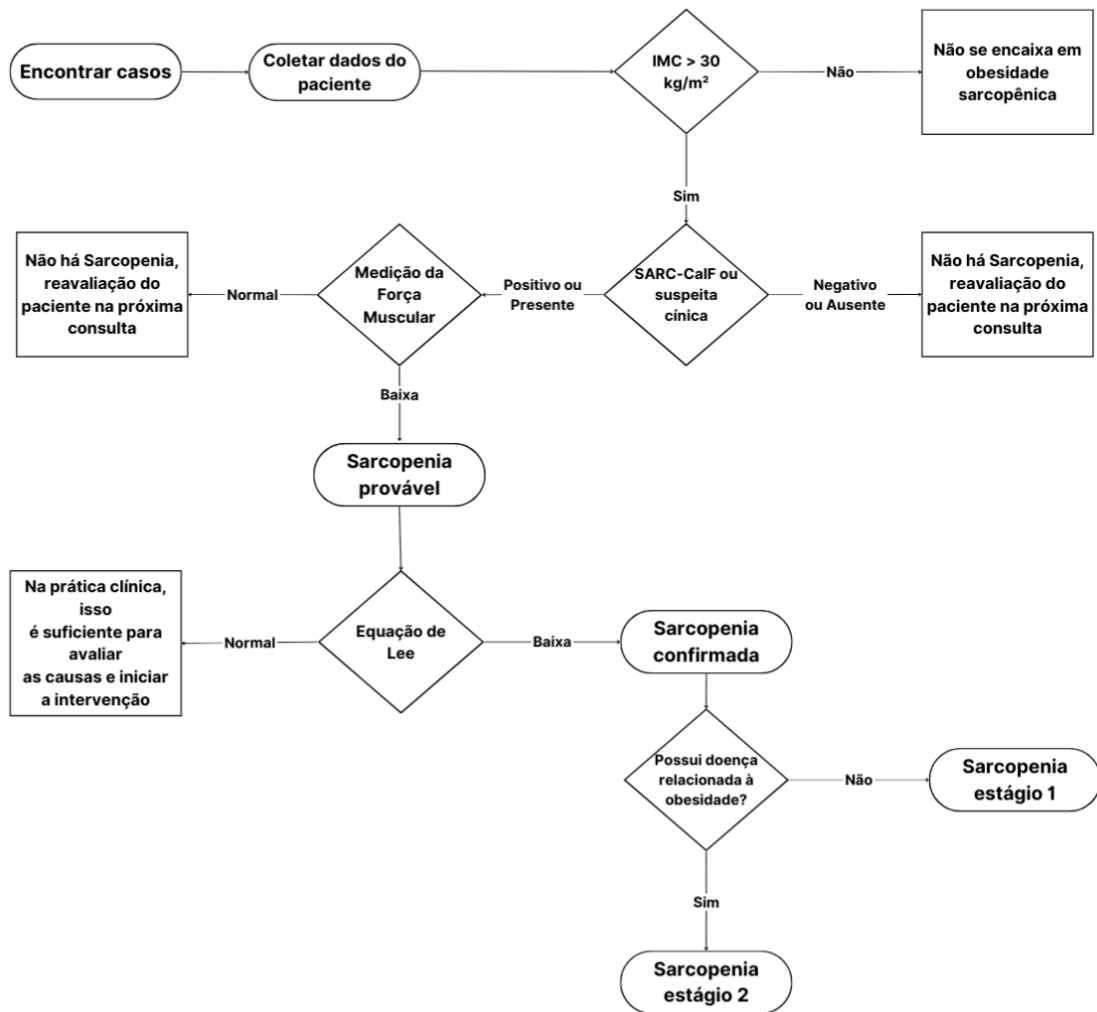
A obesidade sarcopênica é definida pela combinação de obesidade, caracterizada por uma alta porcentagem de gordura corporal, com sarcopenia. Para que essa condição seja considerada, é necessário que ambas as condições, obesidade e sarcopenia, estejam associadas de forma única, diferentemente das situações em que elas ocorrem isoladamente.

Em indivíduos obesos, a sarcopenia pode ser classificada em dois subtipos: primária e secundária. A sarcopenia primária está relacionada a fatores internos, como o envelhecimento, sedentarismo ou inflamação crônica associada ao tecido adiposo, que afeta negativamente a massa muscular. Por outro lado, a sarcopenia secundária é consequência da obesidade em si, que atua como um fator acelerador, além de ser influenciada pela presença de doenças agudas, que criam um contexto fisiopatológico favorável ao desenvolvimento dessa condição ([DONINI et al., 2022](#)).

A Figura 2 apresenta o fluxograma detalhado utilizado para a avaliação da obesidade sarcopênica proposto por [Danielewicz et al. \(2024\)](#), o qual leva em consideração o Índice de Massa Corporal (IMC) do paciente. O processo começa com a identificação dos casos e a coleta dos dados dos pacientes. Se o IMC do paciente for menor ou igual a 30 kg/m², o paciente não é classificado como obeso, e a avaliação segue para a investigação de sarcopenia geriátrica. Caso contrário, realiza-se uma avaliação clínica para suspeita de sarcopenia. Se o diagnóstico for negativo, o paciente será reavaliado em uma consulta futura. Em caso positivo, é realizada a medição da força muscular. Se a força muscular estiver dentro dos padrões normais, o paciente será reavaliado na próxima consulta. Caso a força muscular seja baixa, o paciente é considerado como tendo provável sarcopenia.

O próximo passo consiste na análise dos dados coletados utilizando a Equação de Lee (2) para obesidade sarcopênica. Assim como na avaliação da sarcopenia geriátrica, se os resultados da equação forem normais, essa etapa é suficiente para identificar as causas e iniciar as intervenções. Caso contrário, a sarcopenia é confirmada e o estágio da condição é determinado. Se o paciente apresentar doenças associadas à obesidade, a condição é classificada como sarcopenia secundária; caso contrário, é considerada sarcopenia primária.

Figura 2 – Fluxograma do sistema para Obesidade Sarcopênica



Fonte: Próprio autor baseado em (DANIELEWICZ et al., 2024)

A mesma Equação de Lee também encontra aplicação no estudo da sarcopenia associada à obesidade. Nesse condição, há uma diferença na fórmula em relação à aplicação para sarcopenia geriátrica, refletindo a composição corporal alterada de pacientes obesos.

Para essa população, a equação mantém os mesmos parâmetros descritos anteriormente, mas os coeficientes específicos para peso, altura, sexo, idade e raça são ajustados para refletir as particularidades da obesidade sarcopênica. A equação específica para obesidade é:

$$\begin{aligned}
 \text{IMMEA} = & \frac{(0,244 \times \text{Peso Corporal}) + (7,8 \times \text{Altura})}{\text{Peso Corporal}} \\
 & + \frac{(6,6 \times \text{Sexo}) - (0,098 \times \text{Idade}) + (\text{Raça} - 3,3)}{\text{Peso Corporal}} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Onde:

- **IMMEA:** índice de massa muscular esquelética apendicular (em kg/m²)
- **Peso Corporal:** peso do paciente em kg
- **Altura:** medida em m
- **Sexo:** valor que pode variar entre 1 para homens e 0 para mulheres
- **Idade:** idade do paciente em anos
- **Raça:** 0 para brancos; 1,4 para negros e -1,2 para asiáticos

Enquanto a equação para sarcopenia geriátrica considera coeficientes mais voltados para alterações relacionadas à idade e à perda de massa muscular associada ao envelhecimento, a fórmula para obesidade ajusta esses coeficientes para dar maior ênfase às mudanças na composição corporal em pacientes obesos, como o aumento de gordura corporal relativa ao peso total.

4 Metodologia

O sistema descrito neste trabalho possui um caráter experimental e exploratório, sendo desenvolvido no campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com o objetivo de auxiliar no diagnóstico de sarcopenia geriátrica e obesidade nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) atendidas pelos alunos do curso de Fisioterapia deste campus. Nesse contexto, a colaboração dos alunos e dos coordenadores de estágio do curso de Fisioterapia foi essencial para o desenvolvimento do sistema. O processo de elaboração do sistema seguiu as etapas descritas a seguir:

- **Revisão bibliográfica:** Realizou-se uma pesquisa em portais acadêmicos para identificar estudos que apresentassem soluções para problemas similares ao abordado neste trabalho, com ênfase nas tecnologias utilizadas, bem como nas vantagens e desvantagens dessas soluções;
- **Levantamento de informações:** Foram realizados encontros com professores do curso de Fisioterapia, com o objetivo de obter informações sobre a rotina e os desafios no diagnóstico de sarcopenia nos pacientes das Unidades Básicas de Saúde;
- **Levantamento de requisitos:** Identificaram-se e documentaram-se os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, que foram posteriormente validados em reuniões com a coordenadora de estágios. Durante esses encontros, correções foram feitas sempre que necessário para garantir a adequação do sistema às necessidades identificadas;
- **Desenvolvimento:** O desenvolvimento do sistema iniciou-se com uma arquitetura cliente-servidor, abrangendo desde a modelagem dos dados até a implementação da interface gráfica. Durante essa fase, foram realizadas validações de usabilidade e testes de responsividade em diversos dispositivos;
- **Fase de testes:** O sistema foi disponibilizado para estudantes e professores do curso de Fisioterapia do campus Araranguá, por meio de um link, para a realização de avaliações de sarcopenia em pacientes da Unidade Básica de Saúde do bairro Jardim das Avenidas;

- **Análise e resultados do desempenho do sistema:** Foi aplicado um questionário a todos os estudantes que utilizaram o sistema para a realização do diagnóstico de sarcopenia, a fim de obter feedback sobre o desempenho do sistema.

5 Desenvolvimento

A sarcopenia, especialmente a sarcopenia geriátrica, e a obesidade sarcopênica são condições de saúde que afetam uma ampla parcela da população, principalmente em ambientes de atenção primária, como as Unidades Básicas de Saúde (UBS). O diagnóstico dessas doenças, tradicionalmente realizado por meio de métodos manuais e demorados, demonstra uma necessidade de soluções tecnológicas mais rápidas, confiáveis e acessíveis. Além disso, a crescente demanda por diagnósticos eficientes e o aumento da população idosa e obesa destacam a importância de se buscar novas ferramentas tecnológicas que auxiliem na detecção precoce dessas condições.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de uma plataforma web voltada à automatização do diagnóstico de sarcopenia e obesidade sarcopênica. A solução foi projetada para identificar diferentes perfis de risco por meio de protocolos diagnósticos flexíveis, organizados em etapas sequenciais baseadas em fórmulas matemáticas que consideram as respostas fornecidas pelo usuário. O objetivo principal foi criar uma ferramenta prática, acessível e precisa, capaz de minimizar erros humanos comuns em processos manuais, oferecendo uma abordagem mais eficaz para o diagnóstico e o acompanhamento clínico dessas condições.

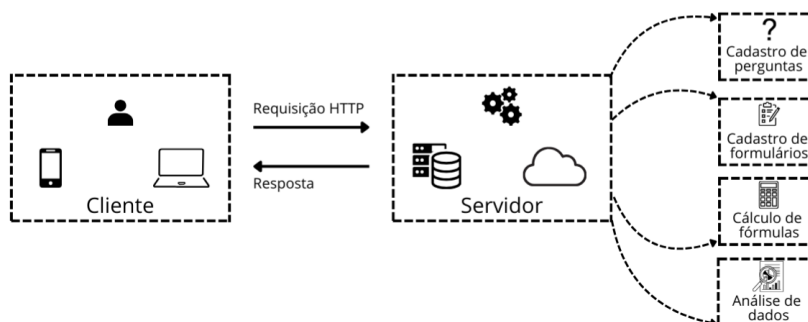
A plataforma é acessível por diferentes dispositivos e navegadores de internet, proporcionando uma solução em diferentes contextos de uso, como, por exemplo, profissionais de saúde, especialmente aqueles em formação no curso de Fisioterapia. Com uma interface intuitiva, a ferramenta permite realizar avaliações precisas sem a necessidade de equipamentos especializado, facilitando o diagnóstico em ambientes com recursos limitados.

A arquitetura do sistema é dividida em duas partes principais: o cliente e o servidor. O cliente se comunica com o servidor por meio de requisições HTTPS, enquanto o servidor gerencia os serviços essenciais para o funcionamento do sistema. Entre os principais serviços oferecidos pelo servidor estão o Cadastro de Perguntas, o Cadastro de Formulários, o Cálculo de Fórmulas e a Análise de Dados, garantindo um diagnóstico preciso e eficiente. A Figura 3 ilustra a arquitetura do sistema, destacando as interações entre o cliente, o servidor e os módulos responsáveis pela coleta e análise de dados.

Além dos serviços proporcionados pela arquitetura, dois protocolos de avaliação diferentes foram implementados, um para a sarcopenia geriátrica e outro para a obesidade sarcopênica. O sistema foi desenvolvido para escolher o protocolo mais apropriado com base nas respostas do paciente no questionário, adaptando a avaliação de acordo com o perfil clínico do paciente. Este mecanismo possibilita uma avaliação específica e precisa, assegurando que cada indivíduo seja analisado conforme as particularidades de sua condição, seja sarcopenia geriátrica ou obesidade sarcopênica.

A Figura 4 ilustra o protocolo de avaliação, que começa com o cadastro de perguntas. Nesta etapa, são registradas as perguntas necessárias para a avaliação, que o paciente deve responder. Com base nas respostas fornecidas, como o IMC do paciente, o sistema avança para o cadastro de formulários, onde são definidas as condições de avaliação. Esse cadastro determina se a avaliação será para sarcopenia geriátrica, obesidade sarcopênica ou se o paciente não se encaixa em nenhuma das condições. Além disso, o sistema também

Figura 3 – Diagrama de arquitetura e serviços.



Fonte: Próprio autor

considera outros critérios, como a medição da força muscular e a Equação de Lee, para orientar a avaliação de acordo com as características específicas do paciente, seja na obesidade ou na geriatria.

A seguir, serão descritos os serviços fornecidos pela arquitetura, que são responsáveis pela execução dos passos definidos no fluxograma de avaliação, tanto para a sarcopenia geriátrica quanto para a obesidade sarcopênica. Esses serviços são estruturados de maneira a garantir uma análise precisa e personalizada, com base nas respostas fornecidas pelos pacientes no cadastro de perguntas e no cadastro de formulários, permitindo a adaptação do protocolo de avaliação conforme as condições específicas de cada paciente.

6 Abordagem Desenvolvida

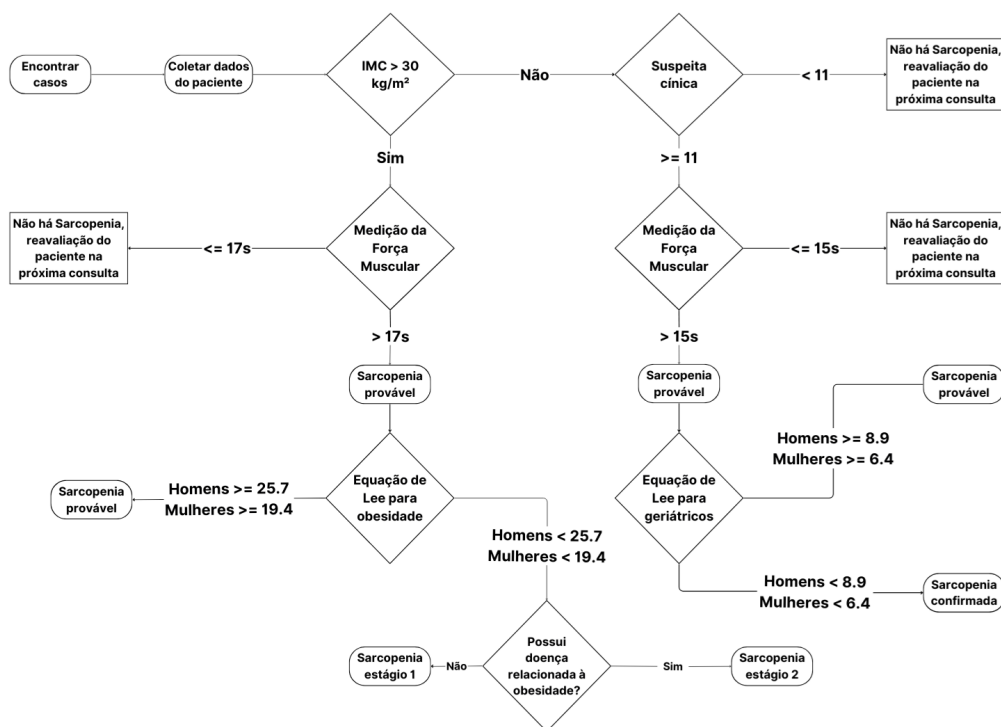
Esta seção apresenta e detalha as interfaces do sistema, seu funcionamento e objetivos propostos.

6.1 Interfaces para administradores do sistema

6.1.1 Cadastro de perguntas

A Figura 5 apresenta a interface de cadastro de perguntas, correspondente à etapa inicial no processo de configuração dos formulários de avaliação. Esta funcionalidade foi desenvolvida para ser utilizada exclusivamente por professores ou profissionais responsáveis pela aplicação dos protocolos, permitindo a inserção detalhada e personalizada de cada pergunta a ser incluída nas avaliações.

Figura 4 – Fluxograma utilizado pelo sistema para diagnóstico de sarcopenia.



Fonte: Próprio autor

Figura 5 – Tela de cadastro de perguntas

Fonte: Próprio autor

O sistema oferece suporte a cinco tipos distintos de respostas, proporcionando flexibilidade na estruturação das avaliações:

- **Única:** permite que o usuário selecione apenas uma opção dentre as disponíveis, sendo útil para perguntas em que apenas uma resposta é apropriada, como questões de escolha única. Na lista de perguntas, será apresentado como “radio”
- **Múltiplas:** possibilita que o usuário selecione mais de uma opção, adequando-se

a situações em que várias respostas podem ser corretas ou relevantes. Na lista de perguntas, será apresentado como “checkbox”

- **Seleção:** oferece uma lista suspensa com opções predefinidas, o que facilita a escolha para o usuário e reduz a possibilidade de erros na entrada de dados. Na lista de perguntas, será apresentado como “select”
- **Digitar:** disponibiliza um campo aberto para resposta escrita. Na lista de perguntas, será apresentado como “text”
- **Número:** oferece um campo para respostas numéricas. Na lista de perguntas, será apresentado como “number”

Além disso, para os tipos de resposta **Única**, **Múltiplas** e **Seleção**, é possível atribuir um peso específico a cada opção, ajustando a pontuação de acordo com a relevância de cada resposta no contexto da avaliação. Essa flexibilidade permite configurar os pesos conforme a importância de cada alternativa no diagnóstico ou análise desejada. Os pesos atribuídos às respostas são posteriormente utilizados no cálculo das fórmulas, que serão aplicadas ao final de cada etapa, caso haja uma fórmula definida para a respectiva fase do processo.

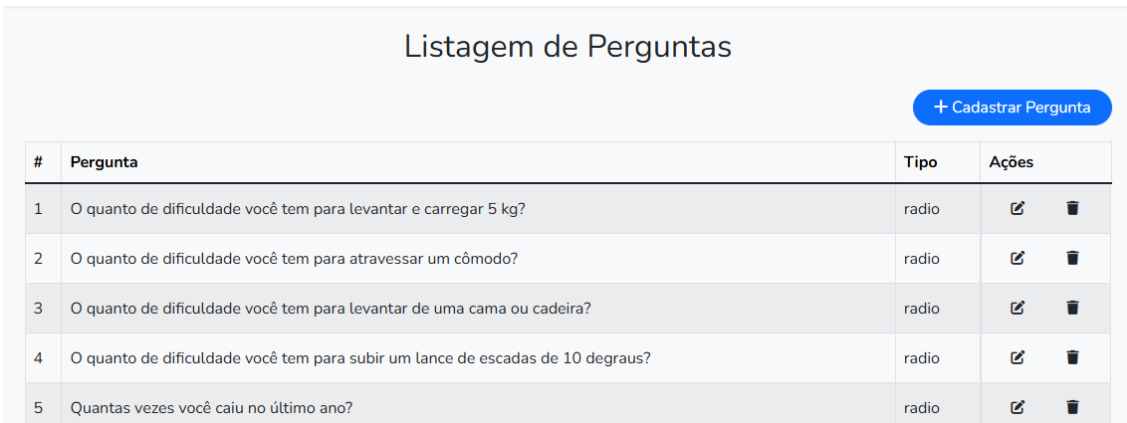
Os botões Adicionar nova opção e Remover oferecem flexibilidade adicional, permitindo que o responsável pela configuração do formulário personalize dinamicamente as perguntas, ajustando o número de opções conforme necessário e garantindo um controle preciso sobre a estrutura das avaliações.











A Figura 6 apresenta uma lista de perguntas criadas pelo responsável, juntamente com os respectivos tipos de resposta configurados. Além disso, são destacadas as ações disponíveis para cada pergunta, incluindo as opções de edição e exclusão. Essa funcionalidade proporciona maior flexibilidade na personalização dos formulários, possibilitando ajustes dinâmicos conforme as necessidades do processo de avaliação.

6.1.2 Cadastro de formulários

O cadastro de formulários tem como objetivo permitir a criação personalizada das etapas de avaliação. Cada etapa corresponde a uma parte específica da avaliação,

Figura 6 – Tela de listagem de perguntas



#	Pergunta	Tipo	Ações
1	O quanto de dificuldade você tem para levantar e carregar 5 kg?	radio	 
2	O quanto de dificuldade você tem para atravessar um cômodo?	radio	 
3	O quanto de dificuldade você tem para levantar de uma cama ou cadeira?	radio	 
4	O quanto de dificuldade você tem para subir um lance de escadas de 10 degraus?	radio	 
5	Quantas vezes você caiu no último ano?	radio	 

Fonte: Próprio autor

proporcionando uma organização lógica das perguntas e um processo flexível de configuração do questionário. Um exemplo disso é a definição das condições que determinam se um paciente apresenta ou não sarcopenia. A Figura 7 ilustra a interface de cadastro e edição de formulários, estruturada em etapas sequenciais.

Figura 7 – Tela de cadastro de formulário

Edição de Formulário

Nome do formulário:

Etapa 1:

Q1 - Peso corporal (Kg) [Excluir](#)

Q2 - Altura (m) [Excluir](#)

Q3 - Idade [Excluir](#)

Q4 - Raça [Excluir](#)

[Adicionar pergunta](#)

Fórmula:

[Adicionar condição](#)

Etapa 2:

Q5 - O quanto de dificuldade você tem para levantar e carregar 5 kg? [Excluir](#)

Q6 - O quanto de dificuldade você tem para atravessar um cômodo? [Excluir](#)

Q7 - O quanto de dificuldade você tem para levantar de uma cama ou cadeira? [Excluir](#)

Q8 - O quanto de dificuldade você tem para subir um lance de escadas de 10 degraus? [Excluir](#)

Q9 - Quantas vezes você caiu no último ano? [Excluir](#)

Q10 - Medir CP da perna direita com paciente em pé, com os pés afastados 20 cm e com as pernas relaxadas (Homem) [Excluir](#)

[Adicionar pergunta](#)

Fórmula:

Condição:	Resposta:	Tipo de Resposta:
<input type="text" value=">= 11"/>	<input type="text" value="Sugestivo a sarcopenia"/>	<input type="text" value="Alerta"/>
<input "<="" 11"="" type="text" value=""/>	<input type="text" value="Não há sarcopenia"/>	<input type="text" value="Sucesso"/>

[Adicionar condição](#)

Fonte: Próprio autor

As etapas podem incluir fórmulas matemáticas, expressas em formato de lógica de programação, utilizando o conceito de condições ternárias. Abaixo da fórmula, o campo "Condição" define os critérios que determinam o avanço para a próxima etapa, permitindo ajustar dinamicamente o fluxo de avaliação com base nas respostas obtidas. Com base na condição definida, o sistema apresenta uma resposta visual ao usuário responsável pela aplicação do questionário, impactando diretamente o progresso e os resultados da avaliação do paciente. Os formulários cadastrados são exibidos em uma tela de listagem, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Tela de listagem de formulários

#	Nome do formulário	Última alteração	Ações
1	Sarcopenia (Homem)	03/11/2024 19:03	
2	Sarcopenia (Mulher)	12/11/2024 00:43	

Fonte: Próprio autor

6.2 Interfaces para avaliadores de Sarcopenia

Ao acessar o sistema, o usuário será apresentado a uma lista de formulários disponíveis para preenchimento, conforme ilustrado na Figura 9. Essa tela inicial permite ao profissional de saúde ou fisioterapeuta selecionar rapidamente o questionário apropriado para iniciar a avaliação do paciente, proporcionando uma navegação intuitiva e eficiente.

Figura 9 – Tela inicial



Fonte: Próprio autor

A Figura 10 apresenta o formulário selecionado, com suas perguntas e respostas previamente cadastradas. Cada questão é identificada por um código único precedido pela letra “Q”, o que facilita sua referência em fórmulas aplicadas pelo sistema, quando necessário. É importante destacar que nem todas as perguntas são vinculadas a uma fórmula, pois isso depende das condições estabelecidas para cada etapa. Por exemplo, dados como peso corporal e altura podem ser utilizados no cálculo do IMC na etapa inicial, enquanto as respostas do formulário exibido na Figura 10 são aplicadas na Equação de Lee. Após preencher todas as respostas, o usuário pode avançar para a próxima etapa, desde que a avaliação da fórmula, quando presente, não resulte na condição “Sucesso”.

Figura 10 – Formulário selecionado - etapa sem fórmula

Formulário: Sarcopenia (Homem)

Q1 - Peso corporal (Kg)

Digite

Q2 - Altura (m)

Digite

Q3 - Idade

Digite

Q4 - Raça

Branco Negro Asiático

Limpar Próxima etapa

Fonte: Próprio autor

Em etapas com o campo “Fórmula” preenchido, conforme a Figura 11, a fórmula faz referências às questões sinalizadas no cadastro com o prefixo “Q”. Neste exemplo apresentado, é realizada a verificação do Índice de Massa Corporal (IMC), avaliando se o valor é superior a 30. Nesse caso, o campo Q1 representa o peso corporal do paciente (em kg) e Q2 corresponde à altura do paciente (em metros). O cálculo do IMC é dado pela fórmula: $\text{Peso Corporal} / (\text{Altura} \times \text{Altura})$. Caso o IMC seja maior que 30, o sistema atribui automaticamente o valor 12 ao paciente, indicando a necessidade de avaliação para obesidade sarcopênica. Se o IMC for menor que 30, o sistema procede somando os valores das respostas das questões Q5 a Q10, considerando os pesos atribuídos a cada resposta. Se essa soma for maior ou igual a 11, o formulário avançará para a próxima etapa. Caso contrário, o sistema indica que o paciente não apresenta sarcopenia, permitindo que o atendimento continue normalmente. Após responder todas as perguntas, o usuário pode calcular o resultado da fórmula com base nas respostas inseridas durante a avaliação. Caso o resultado seja “Sucesso”, o formulário é finalizado e o usuário é redirecionado para uma página que apresenta o número do protocolo de atendimento, conforme ilustrado na Figura 12a.

Figura 11 – Formulário selecionado - etapa com fórmula

Formulário: Sarcopenia (Homem)

Q5 - O quanto de dificuldade você tem para levantar e carregar 5 kg?

Nenhuma Alguma Muita ou não consegue

Q6 - O quanto de dificuldade você tem para atravessar um cômodo?

Nenhuma Alguma Muita, usa apoios ou é incapaz

Q7 - O quanto de dificuldade você tem para levantar de uma cama ou cadeira?

Nenhuma Alguma Muita ou não consegue sem ajuda

Q8 - O quanto de dificuldade você tem para subir um lance de escadas de 10 degraus?

Nenhuma Alguma Muita ou não consegue

Q9 - Quantas vezes você caiu no último ano?

Nenhuma 1 - 3 quedas 4 ou mais quedas

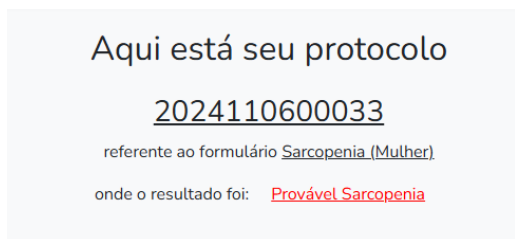
Q10 - Medir CP da perna direita com paciente em pé, com os pés afastados 20 cm e com as pernas relaxadas (Homem)

Selecione ▼

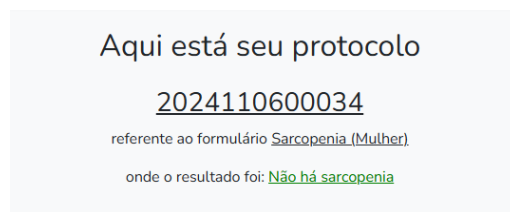
Formula: $(Q1/(Q2*Q2)) > 30 ? 12 : Q5 + Q6 + Q7 + Q8 + Q9 + Q10$

Fonte: Próprio autor

Para formulários com múltiplas etapas e tipos de resposta "Alerta" ou "Aviso", o usuário deve continuar preenchendo as perguntas com base nas informações fornecidas pelo paciente. Durante o processo de avaliação, mensagens de alerta podem ser exibidas, indicando resultados parciais conforme as respostas do paciente 12a. Ao concluir todas as etapas, o sistema direciona o usuário para uma página final, onde é apresentado o número do protocolo de atendimento, o formulário preenchido e o resultado final da avaliação, indicando se o paciente apresenta ou não sarcopenia, conforme ilustrado na Figura 12b.



(a) Página de protocolo em caso de resposta positiva.



(b) Página de protocolo ao término da avaliação.

Figura 12 – Protocolo de avaliação e sua finalização. **Fonte:** Próprio autor.

7 Resultados e Discussões

Para avaliar a usabilidade do aplicativo, o sistema foi testado durante o segundo semestre de 2024 com cinco alunos da 9ª fase do curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Araranguá, na disciplina de Estágio Supervisionado em Saúde Coletiva. Cada participante realizou pelo menos uma avaliação com pacientes, utilizando seus celulares ou notebooks. O período de testes ocorreu entre os dias 6 e 14 de novembro de 2024, durante o qual foram registrados 19 atendimentos, dentre os quais 18 pacientes obtiveram o diagnóstico de sem Sarcopenia, enquanto 1 paciente foi diagnosticado como Sarcopenia estágio 2.

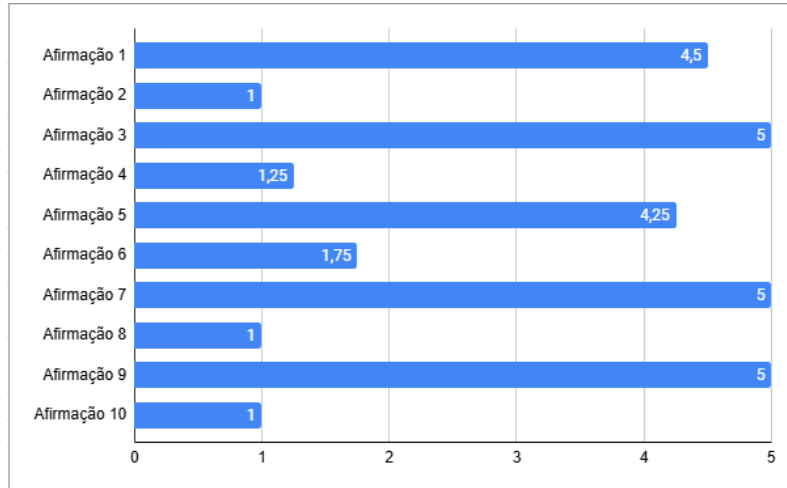
Além disso, foi realizada uma validação qualitativa utilizando a Escala de Usabilidade do Sistema (*System Usability Scale - SUS*), conforme o método descrito e validado por Brooke (2013). A escala compreende 10 afirmações sobre o sistema, avaliadas pelos usuários em uma escala de 1 (total discordância) a 5 (total concordância), com o objetivo de mensurar a percepção dos usuários sobre a usabilidade do sistema. A taxa de participação foi de 80% entre os alunos que utilizaram o aplicativo.

O questionário de validação foi composto pelas seguintes afirmações:

- **Afirmação 1** - Gostaria de usar este sistema frequentemente.
- **Afirmação 2** - O sistema apresenta uma complexidade desnecessária.
- **Afirmação 3** - O sistema é intuitivo e simples de usar.
- **Afirmação 4** - O sistema demanda o auxílio de uma pessoa com conhecimentos técnicos para utilizar adequadamente.
- **Afirmação 5** - O sistema demonstra uma integração eficiente entre suas diversas funções.
- **Afirmação 6** - O sistema apresenta alguma inconsistência.
- **Afirmação 7** - É provável que as pessoas aprendam a usar esse sistema rapidamente.
- **Afirmação 8** - O sistema apresenta uma interface confusa e de difícil utilização.
- **Afirmação 9** - Sinto-me confiante ao utilizar o sistema.
- **Afirmação 10** - É necessário aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.

A Figura 13 apresenta as médias das respostas para cada afirmação do questionário, proporcionando uma visão geral da percepção dos usuários sobre a usabilidade e a experiência oferecida pelo sistema.

Figura 13 – Gráfico da média da pontuação para cada afirmação.

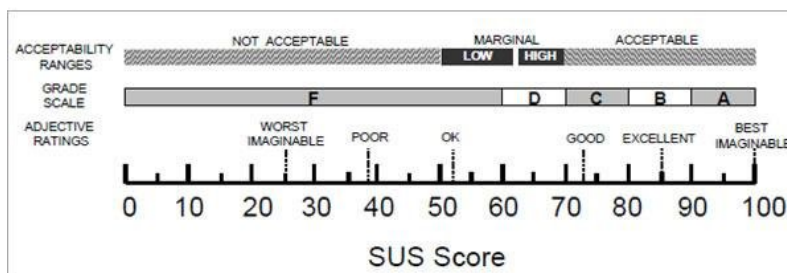


Fonte: Próprio autor

A pontuação final do sistema foi determinada utilizando o método proposto por Brooke (2013). De acordo com esse método, as afirmações de caráter positivo (1, 3, 5, 7 e 9) são pontuadas subtraindo 1 do valor atribuído a cada uma. Por outro lado, para as afirmações de caráter negativo (2, 4, 6, 8 e 10), a pontuação é obtida subtraindo o valor atribuído de 5. Dessa forma, cada afirmação contribui com uma pontuação entre 0 e 4. A soma dessas pontuações, então, é multiplicada por 2,5, que gera o resultado. Aplicando esse cálculo, o sistema obteve uma nota de 94,37, considerável excelente, conforme é possível ver na Figura 14.

Embora o sistema tenha alcançado uma pontuação de 94,37, classificada como excelente conforme o método de Brooke (2013), é importante considerar que esse resultado pode não refletir plenamente a avaliação real do sistema. Esse desvio ocorre devido ao baixo número de participantes na aplicação do questionário, o que pode limitar a representatividade das respostas. Para futuras avaliações, será fundamental incluir um número maior e mais diversificado de usuários, o que não apenas permitirá validar a pontuação obtida, mas também oferecerá uma análise mais abrangente e precisa da usabilidade do sistema.

Figura 14 – Escala SUS para avaliação do sistema.



Fonte: (BROOKE, 2013)

O sistema foi desenvolvido para garantir a segurança e privacidade dos dados dos pacientes, atendendo integralmente aos requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Nenhuma informação sensível ou identificável, como nome, CPF, RG, endereço ou número de telefone, é armazenada na plataforma, garantindo o anonimato completo dos usuários.

Todos os dados coletados durante as avaliações, como peso, altura e respostas a questionários, são tratados de forma anônima e utilizados exclusivamente para fins de diagnóstico e análise clínica. Essa abordagem minimiza o risco de exposição de dados pessoais e protege a privacidade dos pacientes, ao mesmo tempo em que permite que os profissionais de saúde realizem avaliações eficientes e baseadas em informações relevantes.

Além disso, o sistema opera em um ambiente seguro, hospedado em uma plataforma de nuvem que adota políticas sólidas de acesso restrito, prevenindo qualquer utilização por usuários não autorizados. O acesso ao sistema é controlado por autenticação segura, exigindo login e senha para garantir que apenas profissionais autorizados tenham permissão para acessar os dados.

Os dados armazenados no banco de dados são protegidos por criptografia, assegurando que as informações sejam acessíveis exclusivamente para as finalidades previstas, com proteção contra acessos indevidos. Essa arquitetura de segurança proporciona elevados níveis de confiabilidade e privacidade, fundamentais para a aplicação do sistema em contextos de saúde, onde a proteção de dados é uma prioridade.

8 Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um aplicativo WEB intuitivo para auxiliar no diagnóstico de sarcopenia geriátrica e obesidade sarcopênica, com foco em Unidades Básicas de Saúde. Tradicionalmente realizado por meio de métodos manuais, mais suscetível a erros humanos, o sistema foi idealizado e projetado de modo a otimizar o processo de triagem, oferecendo, assim, uma maior eficiência e padronização na coleta dos dados e no diagnóstico de Sarcopenia. Durante o período de testes, o sistema registrou um total de 19 atendimentos, todos realizados por estudantes do curso de fisioterapia e obteve boa aceitação dos usuários devido à interface amigável e de fácil usabilidade.

Por meio de questionários personalizados, o sistema permite que fisioterapeutas e demais profissionais da área da saúde realizem o diagnóstico de doenças, como a sarcopenia e a obesidade sarcopênica, uma vez que o responsável pela administração do sistema possui o conhecimento sobre o questionário, as perguntas, as respostas e seus pesos e às fórmulas. Obtendo esse conhecimento, o responsável garante um formulário confiável, evitando erros decorrentes de mal-formatação dos formulários.

Para trabalhos futuros, recomenda-se implementar novos recursos, como:

- **Melhoria da funcionalidade de questionários dinâmicos:** permitir a aplicação em múltiplos contextos, com flexibilidade na criação e adaptação.
- **Ampliação para outras áreas da saúde:** Expandir o sistema para outras especialidades, além da fisioterapia, permitindo a utilização de questionários de avaliação em áreas como cardiologia, pediatria e ortopedia.

- **Sistema de autenticação de usuários com níveis de acesso diferenciados:** garantir uma maior segurança, permitindo o controle de permissões e funcionalidades específicas para professores, alunos e outros responsáveis.
- **Relatórios customizados por tipo de avaliação:** Possibilitar a análise e geração de relatórios detalhados sobre padrões e tendências, com potencial para apoiar a gestão de doenças e o diagnóstico precoce de condições de saúde.
- **Integração com dispositivos portáteis e sensores:** possibilitar a coleta de dados em tempo real durante as avaliações, enriquecendo as informações obtidas e melhorando a precisão dos diagnósticos.
- **Uso de inteligência artificial para análise preditiva:** permitir a identificação de riscos, fornecendo recomendações personalizadas de intervenção e prevenção, e promovendo uma abordagem mais eficiente para o cuidado ao paciente.

Os resultados deste trabalho demonstram que sistemas têm grande potencial de aceitação entre profissionais da saúde, especialmente quando priorizam a facilidade de uso e a flexibilidade para se ajustarem a diferentes contextos clínicos. A ferramenta proposta apresenta-se como uma solução promissora para promover a detecção precoce e eficiente de condições como sarcopenia e obesidade sarcopênica.

Referências

BROOKE, J. Sus: a retrospective. *Journal of Usability Studies*, v. 8, p. 29–40, 01 2013. Citado (2) vezes nas páginas [22 e 23].

CONTROL, C. for D.; PREVENTION. *Normal weight, overweight, and obesity among adults aged 20 and over, by selected characteristics: United States, selected years 1988–1994 through 2011–2014*. [S.l.]: National Center for Health Statistics, Office of Analysis and Epidemiology, 2015. Citado na página [11].

CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*, v. 39, n. 4, p. 412–423, 04 2010. ISSN 0002-0729. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>>. Citado (2) vezes nas páginas [7 e 8].

DANIELEWICZ, A. L. et al. Analysis of sarcopenic obesity prevalence and diagnostic agreement according to the 2022 espen and easo consensus in hospitalized older adults with severe obesity. *Frontiers in Endocrinology*, v. 15, 2024. ISSN 1664-2392. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/journals/endocrinology/articles/10.3389/fendo.2024.1366229>>. Citado (2) vezes nas páginas [11 e 12].

DONINI, L. M. et al. Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: Espen and easo consensus statement. *Obesity Facts*, v. 15, n. 3, p. 321–335, 2022. Citado (2) vezes nas páginas [7 e 11].

KITAMURA, A. et al. Sarcopenia: prevalence, associated factors, and the risk of mortality and disability in japanese older adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 12,

n. 1, p. 30–38, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcsm.12651>>. Citado na página [8].

LEE, R. C. et al. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models¹²³. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 72, n. 3, p. 796–803, 2000. ISSN 0002-9165. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000291652306776X>>. Citado na página [10].

LIAO, P. H. et al. Application of machine learning and its effects on the development of a nursing guidance mobile app for sarcopenia. *BMC Nursing*, v. 22, n. 1, p. 369, October 2023. Citado na página [7].

MALAFARINA, V. et al. Sarcopenia in the elderly: diagnosis, physiopathology and treatment. *Maturitas*, v. 71, p. 109–114, 2012. Citado na página [11].

MONTEMURRO, A. et al. Validity of an iphone app to detect prefrailty and sarcopenia syndromes in community-dwelling older adults: The protocol for a diagnostic accuracy study. *Sensors (Basel)*, v. 22, n. 16, p. 6010, August 2022. Citado (2) vezes nas páginas [7 e 8].

SARCOPENIA, G. de Trabalho em. *Recomendações para diagnóstico e tratamento da sarcopenia no Brasil*. [S.l.], 2020. Citado na página [10].

TEIXEIRA, E. et al. Portable digital monitoring system for sarcopenia screening and diagnosis. *Geriatrics (Basel)*, v. 7, n. 6, p. 121, October 2022. Citado (2) vezes nas páginas [7 e 8].

WU, I.-C. et al. Epidemiology of sarcopenia among community-dwelling older adults in taiwan: A pooled analysis for a broader adoption of sarcopenia assessments. *Geriatrics & Gerontology International*, v. 14, n. S1, p. 52–60, 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ggi.12193>>. Citado na página [9].