

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO  
E GESTÃO EM SAÚDE**

**Bruna Ferreira Pfeiffer**

**ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL DE  
BACTERIOLOGIA CLÍNICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZADO DIGITAL  
NA SAÚDE**

**Porto Alegre  
2023**

**Bruna Ferreira Pfeiffer**

**ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL DE  
BACTERIOLOGIA CLÍNICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZADO DIGITAL  
NA SAÚDE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Saúde da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Beatriz Gorini da Veiga

**Porto Alegre  
2023**

Pfeiffer, Bruna Ferreira

Atualização e avaliação de um aplicativo móvel de bacteriologia clínica como ferramenta de aprendizado digital na saúde / Bruna Ferreira Pfeiffer. -- 2023.

103 p. : 30 cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde, 2023.

Orientador(a): Ana Beatriz Gorini da Veiga.

1. Dispositivo móvel na educação e saúde. 2. Atualização de aplicativo de bacteriologia clínica. 3. Avaliação de usabilidade do sistema. I. Título.

**Bruna Ferreira Pfeiffer**

**ATUALIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL DE  
BACTERIOLOGIA CLÍNICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZADO DIGITAL  
NA SAÚDE**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Saúde da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Beatriz Gorini da Veiga

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Aline Gehlen Dall Bello

---

Profa. Dra. Danielle da Silva Trentin

---

Profa. Dra. Juliana Silva Herbert

## AGRADECIMENTOS

Com imensa alegria concluo essa etapa especial da minha vida pessoal, acadêmica e profissional. Apesar de ingressar ao PPG-TIGSaúde em um período pandêmico na qual as aulas e as orientações ocorreram de forma síncrona, a compreensão e sabedoria dos professores e da coordenação foram cruciais para desenvolver e concluir a presente dissertação, assim como as disciplinas e demais atividades relacionadas.

Agradeço a UFCSPA por ser uma instituição séria e que se preocupa com questões de saúde pública, humana, social, ambiental e tecnológica. Agradeço a coordenação e aos professores do PPG-TIGSaúde pela dedicação e empenho. O conhecimento de vocês foi base para o desenvolvimento de aulas que refletissem sobre situações atuais e que refletissem em como podemos colaborar para fazer a diferença.

Meu agradecimento especial a professora Ana Beatriz Gorini da Veiga pela orientação, dedicação, paciência e sugestões. Sua experiência foi fundamental em todas as etapas do estudo: proposta de projeto, projeto e dissertação. Obrigada pela parceria que construímos!

Agradeço novamente ao Moacir Braga pela parceria e suporte técnico! A necessidade da atualização do Identificador Bacteriano e *feedbacks* mostraram que estamos no caminho certo auxiliando discentes e profissionais da área da saúde através de tecnologias acessíveis e seguras. Obrigada pelo empenho e tempo dedicado para tornar o Identificador Bacteriano mais robusto.

Agradeço ao Leonardo Nichele de Aguiar pelo apoio e incentivo incondicional. Suas sugestões também foram importantes para concluir o presente estudo.

Aos familiares e amigos agradeço o total incentivo e por saberem da importância do estudo. Agradeço também pela compreensão nos momentos em que estive ausente. Essa conquista foi possível pela colaboração de todos!

“Continue a nadar, continue a nadar”

(Dory, Procurando Nemo, 2003)

## RESUMO

**Introdução:** Tecnologias digitais de aprendizado têm se popularizado entre acadêmicos, docentes e até mesmo profissionais de diversos níveis e áreas de conhecimento. No que tange a área da saúde, o *m-Health* – dispositivo móvel e dispositivo vestível que fornece serviços de saúde e bem-estar – pode servir de suporte na área laboratorial, incluindo desenho e análise experimental, análise de imagens, entre outros, o que auxilia na interpretação de resultados, no diagnóstico e tratamento de doenças. Considerando que a bacteriologia clínica é uma área com vasto conteúdo teórico e procedimentos manuais, sendo utilizada na maioria dos laboratórios e outras instituições de saúde do Brasil, o uso de *m-Health* em forma de aplicativos apresenta potencial contribuição no ensino, na pesquisa e na prática clínica/laboratorial nessa área. **Objetivo:** Atualizar um aplicativo móvel de bacteriologia clínica e avaliar a pontuação dos usuários quanto à sua usabilidade. **Métodos:** Pesquisa de caráter metodológico. O estudo seguiu as etapas do modelo *Design Instrucional Sistemático*: 1) análise, 2) *design* e desenvolvimento, 3) implementação e 4) avaliação. Para avaliação, formulários *online* contendo 10 questões de Escala de Usabilidade do Sistema foram enviados para 2 coordenações dos cursos de Biomedicina localizados no Rio Grande do Sul solicitando reenvio para docentes e discentes de microbiologia clínica/bacteriologia clínica. O número amostral estimado era de 72 participantes. **Resultados:** A atualização do aplicativo ocorreu conforme as etapas definidas; ao final, o *app Identificador Bacteriano* foi disponibilizado nas plataformas digitais *Google Play Store* e *Apple App Store*. Quanto à avaliação, 15 participantes responderam ao formulário, e a média final foi de 82,0 pontos, apresentando boa classificação na avaliação geral de satisfação, eficiência e eficácia. **Conclusão:** Apesar das ações de engajamento, o número de participantes foi abaixo do estimado. Ainda assim, foi possível mostrar que o *Identificador Bacteriano* pode servir como ferramenta auxiliar no processo de identificação bacteriana presuntiva, contribuindo na formação acadêmica e profissional de recursos humanos na área de bacteriologia clínica. Todas as avaliações foram cruciais para o bom andamento do estudo e para elencar as variáveis com necessidade de correções e ajustes, que serão abordadas em trabalhos futuros.

**Palavras-chaves:** *Smartphone*; Aplicativo móvel; *M-Health*; Bacteriologia clínica.

## ABSTRACT

**Introduction:** Digital learning technologies have become popular among academics, teachers and even professionals of various levels and areas of knowledge. Regarding the health area, *m-Health* – mobile device and wearable device that provides health and wellness services – can serve as support in the laboratory area, including experimental design and analysis, image analysis, among others, which helps in the interpretation of results, diagnosis and treatment of diseases. Considering that clinical bacteriology is an area with wide theoretical content and manual procedures, being used in most laboratories and other health institutions in Brazil, the use of *m-Health* in the form of applications presents potential contribution in teaching, research and clinical/laboratory practice. **Objective:** To update a mobile application of clinical bacteriology and evaluate its usability score based on user experience. **Methods:** Methodological research. The study followed the steps of the model Systematic Instructional Design: 1) analysis, 2) design and development, 3) implementation, and 4) evaluation. For evaluation, online forms containing 10 questions of System Usability Scale were sent to 2 coordinations of undergraduate Biomedicine courses located in Rio Grande do Sul, requesting resubmission to professors and students of clinical microbiology/clinical bacteriology. The estimated sample number was 72 participants. **Results:** The app update occurred according to the defined steps, and the app was made available on the digital platforms Google Play Store and Apple App Store. As for the evaluation, 15 participants answered the form, and the final average was 82.0 points, showing a good classification in the overall assessment of satisfaction, efficiency and effectiveness. **Conclusion:** Despite the efforts to engage, the number of participants was lower than estimated. Nonetheless, it was possible to show that the Bacterial Identifier can be an auxiliary tool in the process of presumptive bacterial identification, contributing for the academic and professional training of human resources in the area of clinical bacteriology. All the evaluations were crucial for the good progress of the study and to identify the variables that needed corrections and adjustments, which will be addressed in future studies.

**Keywords:** Smartphone; Mobile application; M-Health; Clinical bacteriology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma para identificação de bactérias Gram-positiva catalase negativo.....	27
Figura 2. Tabela de Farmer para identificação de Gram-negativo não fermentador....	29
Figura 3. Mapa mental das telas elaborado via <i>XMind</i> .....	51
Figura 4. <i>Softwares</i> utilizados para o projeto arquitetural.....	52
Figura 5. Escala de Usabilidade do Sistema original e validado para o idioma português.....	53
Figura 6. Tela de inicialização.....	56
Figura 7. Tela inicial com utilitários e informações adicionais.....	56
Figura 8. (a) tela “Gram-positivo” com lista de testes; (b) continuação da lista.....	57
Figura 9. (a) recurso “Atualizar em série” na opção “Positivo/Resistente”; (b) resultado aplicado a todos testes da lista.....	58
Figura 10. Tela de resultado para provável bactéria de acordo com resultados reportados.....	59
Figura 11. (a) exemplo de resultado “Positivo/Resistente” para o teste da coagulase; (b) lista de sugestões de acordo com o resultado reportado.....	60
Figura 12. Tela “Gram-negativo” com as opções “Fermentador” e “Não fermentador”.....	61
Figura 13. (a) Tela “Fermentador” com listas de testes; (b) continuação da lista; (c) continuação da lista.....	62
Figura 14. (a) exemplo de resultados para o utilitário “Fermentador”; (b) lista de prováveis bactérias/espécies.....	62
Figura 15. (a) Tela “Não Fermentador” com listas de testes; (b) continuação da lista..	63
Figura 16. (a) exemplo de resultados para o utilitário “Não Fermentador”; (b) lista de prováveis bactérias/espécies.....	64
Figura 17. (a) tela “Contato”; (b) continuação da tela.....	65
Figura 18. (a) tela “Sobre”; (b) continuação da tela.....	66
Figura 19. Perfil acadêmico dos participantes do estudo.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultado das avaliações por participante e pontuação.....	69
Tabela 2. Avaliações agrupadas por questões ímpares e por questões pares.....	70
Tabela 3. Distribuição das avaliações por questão.....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tabela de Farmer para identificação de Gram-negativo fermentador.....	28
Quadro 2. Conteúdo da aba Gram-positivo.....	34
Quadro 3. Conteúdo da aba Gram-negativo fermentador.....	41
Quadro 4. Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador.....	44
Quadro 5. Fórmula de Escala de Usabilidade do Sistema.....	68
Quadro 6. Médias de pontuação distribuídos por docentes e discentes.....	69

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ágar SS	<i>Ágar Salmonella Shigella</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
App	<i>Application</i>
BNF	Bacilos Não-Fermentadores
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
DIS	<i>Design Instrucional Sistemático</i>
GIC	Gestão da Informação e do Conhecimento
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IRAS	Infecção Relacionada à Assistência à Saúde
IES	Instituição de Ensino Superior
ITU	Infecção do Trato Urinário
KPC	<i>Klebsiella pneumoniae</i> carbapenemase
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
MRSA	<i>Staphylococcus aureus</i> resistentes à meticilina
OMS	Organização Mundial da Saúde
SIM	Meio Sulfeto, Indol e Motilidade
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TSA	Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos
TSI	<i>Triple Sugar Iron</i>
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. JUSTIFICATIVA.....	18
3. OBJETIVOS.....	20
<b>3.1. Geral</b> .....	20
<b>3.2. Específicos</b> .....	20
4. REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
<b>4.1. Bactérias de importância clínica</b> .....	21
4.1.1. Cocos Gram-positivo .....	23
4.1.2. Bacilos Gram-negativo fermentador .....	24
4.1.3. Bacilos Gram-negativo não fermentador .....	24
<b>4.2. Testes de identificação presuntiva</b> .....	25
<b>4.3. Apps para ensino/educação na área da saúde</b> .....	30
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
<b>5.1. Análise</b> .....	32
<b>5.2. Design e Desenvolvimento</b> .....	50
<b>5.3. Implementação</b> .....	52
<b>5.4. Avaliação</b> .....	52
<b>5.5. Considerações Éticas</b> .....	54
6. RESULTADOS.....	55
<b>6.1. Atualização do Identificador Bacteriano</b> .....	55
<b>6.2. Avaliação sobre usabilidade do Identificador Bacteriano</b> .....	66
7. DISCUSSÃO.....	73
8. CONCLUSÃO .....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
APÊNDICES.....	83
Apêndice A – Convite para participação de pesquisa .....	83
Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	84
Apêndice C – Formulário sobre avaliação de usabilidade .....	88
ANEXOS .....	94
Anexo A – IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics .....	94
Anexo B – IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics – Template.....	97

## 1. INTRODUÇÃO

Avanços tecnológicos fazem parte da história da civilização, estando presentes em diversos setores, como no ensino, na pesquisa, na jornada de trabalho, nas tarefas diárias, no lazer e na comunicação. Mais recentemente, com a comercialização de *internet* com altas velocidades e dispositivos digitais com ampla variedade produzidos em curto período, acredita-se que a Indústria 4.0, ou 4ª Revolução Industrial, se tornou uma realidade, em um período caracterizado pela “*Internet das Coisas*” (YANG; HUANG, 2021). De acordo com Mital’ *et al.* (2021), a Indústria 4.0 é composta por um sistema para: recebimento e organização de informações, dados e conhecimento; implementação e gestão adequada de fluxos de entrada; organização de processos e sistemas no nível virtual; e digitalização de processos reais existentes e sistemas. Os principais motivos para a expansão tecnológica estão relacionados à qualidade de serviços oferecidos pelas melhorias nas tecnologias, redução de erros humanos, redução de operações manuais, otimização de tempo e uso de dados em qualquer lugar e a qualquer momento (CALDAS *et al.*, 2020).

No que tange o ensino, com o crescimento exponencial de recursos tecnológicos surge a necessidade de gerir informações científicas através da Gestão da Informação e do Conhecimento (GIC). Em suma, a GIC abrange a Gestão da Informação – responsável por identificar, selecionar, prospectar, organizar, representar e disseminar informações em diferentes ambientes – e a Gestão do Conhecimento – responsável por estimular a cultura de colaboração entre pessoas, potencializar a criação de ambientes (físico ou virtual) favoráveis para compartilhamentos e criações de conhecimentos. Estas duas esferas de gestão em conjunto buscam colaborar, compartilhar e criar conhecimento, gerenciar, organizar e disseminar informações em diversos segmentos da sociedade atual (DUARTE, FEITOZA; DE LIMA, 2021).

A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem como proposta viabilizar os objetivos da GIC e apresenta boas perspectivas a partir da visão de alunos e de equipes de educação. Tal método proporciona aprendizado ativo e interativo, de baixo custo e acessível à população mundial, inclusive a populações residentes de países em desenvolvimento. Além disso, a TIC possibilita o aprendizado crítico, reflexivo, autoguiado, e cria redes de troca de informações e experiências

vocacionais e profissionais com maior qualidade e disponibilidade (AJAYI; AYO; OLAMIDE, 2019; THIAGRAJ; ABDUL KARIM; VELOO, 2021). Segundo Mital' *et al.* (2021), a aplicação de TICs na educação flexibiliza contatos entre discentes e docentes de diferentes instituições de ensino de modo rápido e complexo. Também permite o acesso a aulas e cursos de modo síncrono e assíncrono. Como recurso físico para acesso a TIC, pode-se destacar o uso de dispositivos como *laptops*, *smartphones*, *iPods* e *tablets*. O aprendizado digital através de dispositivos eletrônicos – *e-learning* – possui importante papel devido ao alto nível de disponibilidade na sociedade e possibilidade de acesso a diversos conteúdos profissionais e acadêmicos (FERNÁNDEZ-LAO *et al.*, 2016; MITAL' *et al.*, 2021; SUNER; YILMA; PISKIN, 2019).

Aproximadamente 90% da população mundial possui *smartphone*, ou seja, em muitos países o alcance chega a 100% e supera em mais de três vezes a quantidade de aquisições quando comparado com computadores. Além da aquisição em escala mundial, o uso de *smartphone* possui ampla notoriedade entre acadêmicos e profissionais, sendo um dos principais dispositivos utilizados para acessar o *e-learning*. A possibilidade de um acesso personalizado, ilimitado e a qualquer momento sobre informações teóricas e técnicas de referencial bibliográfico confiáveis “na palma da mão” são as principais motivações para alavancar este modelo de aprendizado; com isso, cresce o número de procura e credibilidade por informações de qualidade (CAVUS *et al.*, 2020; FERNÁNDEZ-LAO *et al.*, 2016; LIMA; VICENTE, 2018).

A aplicação de *smartphone* no aprendizado digital – *mobile learning* – aproxima a compreensão educacional de forma rentável e acessível financeiramente (AJAYI; AYO; OLAMIDE, 2019; SUNER; YILMA; PISKIN, 2019). Entretanto, alguns aspectos precisam ser analisados ao se oferecer este método de aprendizado. Mital' *et al.* (2021) exemplifica que o aprendizado digital leva a um aumento da demanda por recursos digitais, o que, por sua vez, exige mais tempo na preparação de conteúdos didáticos, bem como no desenvolvimento e recebimento de tarefas; além disso, pode levar à redução ou mesmo eliminação de livros e outros materiais físicos do cotidiano do aluno, os quais são de inquestionável importância para uma sólida educação e formação acadêmica. Já Suner, Yilma e Piskin (2019) apresentam algumas desvantagens sobre o *mobile learning*, tais como a alta carga de conteúdo proposto, acesso em plataformas além do tempo necessário, e dispositivos com recursos – *hardware* e *software* – inferiores ao que demanda as necessidades do usuário. Para que o aprendizado seja compartilhado de forma adequada, é necessária

a contínua verificação quanto ao tempo e à quantidade de conteúdo disponibilizado por parte dos educadores.

Em relação à qualidade do dispositivo, a aquisição deste fica a critério do proprietário. Outros aspectos importantes a avaliar são a falta de acesso à *internet* em certos locais, conexões instáveis, ausência de suporte técnico robusto, resistência em utilizar as plataformas, plataformas complexas para os usuários, possibilidades de distrações e risco de dano do dispositivo (CHASE *et al.*, 2018).

Apesar da existência de empecilhos, os benefícios do *e-learning*, incluindo o *mobile learning*, se sobrepõem e permanecem como uma potente ferramenta de aprendizado. Conforme Guinibert (2020), o *mobile learning* proporciona experiências visuais informais capazes de ativar a memorização do aluno e, em consequência, esta memorização torna-se uma experiência de aprendizagem formal. Portanto, a construção de uma plataforma visualmente atrativa e desenvolvida por educadores pode ser capaz de gerar habilidades responsáveis pelo aprendizado de modo correto, eficaz e espontâneo. Segundo Cavus *et al.* (2020), a motivação ao conteúdo por parte dos alunos está associada à qualidade e à interação da plataforma de ensino, o que reflete diretamente sobre o domínio que o educador possui sobre as TICs para criar e disseminar conteúdo. É essencial que o profissional esteja habituado às diversas ferramentas de TICs para utilizar em diferentes propósitos e públicos, desde alunos da educação inicial até alunos de pós-graduação. Além disso, as TICs se aplicam a preparação de profissionais para o mercado de trabalho e estimulam a percepção de futuros educadores.

Com base na tendência de aprendizado por meio de dispositivos móveis, tornou-se popular o uso de *smartphones* por acadêmicos e profissionais da área da saúde em busca por aprendizado autônomo e contínuo de modo intuitivo, prática conhecida como *mobile health – m-Health* – (BAGHCHEGHI *et al.*, 2020). Tal prática apresenta resultados satisfatórios por ser capaz de corroborar com treinamentos assíncronos entre equipes interdisciplinares, visto que treinamentos síncronos ou presenciais se tornam inviáveis devido a conflitos de horários. Neste sentido, é possível, por exemplo, reforçar vastos conteúdos, instruir novos protocolos de atendimento, disponibilizar conhecimentos sobre novos tratamentos medicamentosos e possibilitar trocas de informações e/ou experiências através de plataformas intuitivas (FLOREN *et al.*, 2020). Além disso, tais plataformas digitais possibilitam a busca por informações com mais agilidade em comparação a outras fontes de busca. Os

*softwares* – aplicativos móveis (*apps*) – desenvolvidos para *smartphones*, *tablets* e *iPods* para acadêmicos e profissionais da saúde auxiliam a apoiar decisões clínicas, corroborar com diagnósticos, possibilitar consultas de referenciais teóricos como livros, enciclopédias e periódicos, organizar documentos, facilitar a comunicação entre equipes e usuários e auxiliar em etapas práticas. Como resultado, estudos indicam que o desempenho na educação médica utilizando essas ferramentas auxiliares é melhor quando comparado com aprendizado apenas por métodos tradicionais, como livros e apostilas (AZIZI; KHATONY, 2019; CHASE *et al.*, 2018; FERNÁNDEZ-LAO *et al.*, 2016).

## 2. JUSTIFICATIVA

A infecção bacteriana é a principal causa de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (IRAS). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 700 mil pessoas morrem por ano em decorrência de infecções por bactérias multirresistentes (FIOCRUZ, 2021). Por conta da alta patogenicidade e mecanismos de defesa bacteriana, muitos tratamentos medicamentosos se tornam ineficazes, além disso, o uso de antimicrobianos sem o devido acompanhamento clínico pode desencadear doenças secundárias como hepatite medicamentosa, insuficiência renal e septicemia, sendo a septicemia a principal origem destas infecções, responsável por 30 a 40% dos óbitos no mundo. Já no Brasil, esse percentual chega a 65% (INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE SEPSE, 2020). Outro aspecto preocupante é que o uso indiscriminado de antimicrobianos resulta em resistências medicamentosas extrínsecas de difícil tratamento, portanto, se faz necessário realizar um conjunto de testes para identificar a bactéria associada à infecção e auxiliar na escolha do tratamento (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

Diante do cenário mundial de infecções bacterianas e suas diversas complicações para a saúde pública, é necessário investir em plataformas de *mobile learning* que objetivam a didática de acadêmicos e profissionais atuantes do setor/disciplina de Microbiologia Clínica, em específico a Bacteriologia Clínica, de forma interativa e intuitiva e, ao mesmo tempo, que mantenha a qualidade do conteúdo proposto. Na grande maioria dos laboratórios-escola de Instituições de Ensino Superior (IES) e laboratórios clínicos do Brasil, a área de microbiologia clínica opera de modo manual, portanto, o vasto conteúdo sobre a área aliado à importância mundial de compreender o conteúdo e contribuir com a saúde pública torna o *smartphone* uma ferramenta auxiliar de ensino e consulta; como consequência, reforça o aprendizado digital através da GIC.

Em plataformas digitais, como *Google Play Store* e *Apple App Store*, são encontrados *apps* que facilitam a comunicação entre usuários a partir de mensagens instantâneas em plataformas de colaboração, permitindo que as equipes assistenciais de saúde compartilhem informações e discutam casos clínicos em tempo real, que pode resultar em diagnósticos mais precisos e tratamentos mais eficazes. Já outros *apps* fornecem informações sobre sintomas, testes diagnósticos e tratamentos para infecções bacterianas específicas. Esses *apps* também podem fornecer acesso a

bancos de dados de resistência a antimicrobianos, permitindo que médicos escolham o tratamento mais apropriado. Ao seguir a linha de *apps* desenvolvidos para reforçar conhecimentos e fluxos de modo seguro e rápido, o *app* denominado Identificador Bacteriano foi bem pontuado quanto à otimização de tempo ao sugerir uma identificação bacteriana, apresentar confiança do usuário perante as sugestões e por ser uma opção de suporte durante aulas práticas e rotinas laboratoriais (PFEIFFER; MATTOS; LOPES, 2020). A atualização e avaliação do *app* Identificador Bacteriano, objetivo geral do presente estudo, propôs reforçar e expandir conhecimentos na etapa de identificação presuntiva, etapa esta que demanda de extensos fluxos de testes.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Geral

Atualizar um aplicativo móvel de bacteriologia clínica e avaliar a pontuação dos usuários quanto à sua usabilidade.

#### 3.2. Específicos

- a) Realizar atualização bibliográfica no *app* Identificador Bacteriano acerca das identificações bacterianas presuntivas do grupo coco Gram-positivo e do grupo bacilo Gram-negativo fermentador.
- b) Realizar inclusão bibliográfica no *app* Identificador Bacteriano acerca das identificações bacterianas presuntivas do grupo bacilo Gram-negativo Não Fermentador (BNF).
- c) Disponibilizar o *app* Identificador Bacteriano nas plataformas *Apple App Store* e *Google Play Store*
- d) Aplicar formulários *online* de avaliação de usabilidade aos participantes do estudo.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico do presente estudo compreende um levantamento bibliográfico sobre bactérias de importância clínica, testes de identificação presuntiva e *apps* destinados a ensino/educação na área da saúde, e estão dispostos nos subtópicos a seguir.

### 4.1. Bactérias de importância clínica

Desde a era pré-histórica a civilização enfrentou mudanças ambientais e biológicas adversas que impactaram diretamente nas condições de sobrevivência. Dentre as adversidades de maior impacto, pode-se destacar as mortes e doenças infecciosas desencadeadas por bactérias. Esses “pequenos seres” estão presentes na grande maioria dos ambientes, sobrevivem a diferentes temperaturas e se hospedam em diferentes formas de vida. Compreender o ciclo das pandemias, como a Peste Negra, causada pela bactéria *Yersinia pestis*, foi motivo de incentivo para pesquisadores. Descobertas relevantes sobre bactérias clínicas foram relatadas na Idade de Ouro da Microbiologia, período de 1857 a 1914. As principais descobertas envolveram a comprovação de microrganismos por Louis Pasteur (1861), a associação de determinadas doenças desencadeadas por determinados microrganismos, conhecido como Postulados de Koch, por Robert Koch (1876) e o descobrimento de diversas espécies bacterianas e técnicas laboratoriais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2017).

Ressalta-se que nem toda bactéria de importância clínica é prejudicial ao ser humano, portanto, a análise inicial a partir da origem da amostra biológica e quantidade de colônias presentes auxiliam na condução das próximas etapas – como coloração de Gram e semeadura em meio de cultura seletivo e/ou diferencial. Tais etapas são de suma importância para o andamento dos próximos procedimentos, como a identificação presuntiva e o Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos (TSA) (PROCOP *et al.*, 2018).

As bactérias de importância clínica são classificadas em diversos grupos devido à ampla variação fenotípica e genotípica. Entre esses grupos, destacam-se os Cocos Gram-positivo, Bacilos Gram-Positivo, Bacilos Gram-negativo fermentador, Bacilos Gram-negativo não fermentador, Bacilos Gram-Negativo Curvado,

Micobactérias, *Mycoplasma* e *Ureaplasma*, outros bacilos Gram-negativo – como *Legionella*, Cocos Gram-negativo – como *Neisseria* e *Moraxella* – e demais bactérias fastidiosas e anaeróbias. No entanto, os grupos Cocos Gram-positivo, Bacilos Gram-negativo fermentador e Bacilos Gram-negativo não fermentador são de particular importância por serem responsáveis por altos índices de infecções e mortes causadas por mecanismos de resistência aos antimicrobianos (BASSETTI *et al.*, 2019; PROCOP *et al.*, 2018). A diferenciação inicial entre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas ocorre pela técnica de coloração de Gram, desenvolvida em 1884 pelo pesquisador Hans Christian Gram. Tal técnica compreende as seguintes etapas:

1. Preparar um esfregaço direto do material biológico e deixe secar ao ar;
2. Fixar o material biológico à lâmina passando seu lado 3 ou 4 vezes pela chama de um bico de Bunsen ou secar em um aquecedor de lâminas;
3. Colocar o esfregaço em uma estante de coloração e cobrir a superfície com a solução de violeta genciana por 1 minuto;
4. Lavar cuidadosamente com água destilada ou solução tampão;
5. Cobrir a lâmina com solução de iodo de Gram por 1 minuto;
6. Lavar novamente com água;
7. Segurar o esfregaço entre os dedos polegar e indicador e lavar a superfície com algumas gotas do descolorante de acetona-álcool por aproximadamente 10 segundos;
8. Lavar com água corrente e colocar novamente o esfregaço na estante de coloração. Cobrir a superfície com safranina por 1 minuto;
9. Lavar com água corrente;
10. Colocar o esfregaço em posição vertical na estante de coloração para secar;

Ao final, com auxílio de microscópio na objetiva de 100x (com óleo de imersão), é possível diferenciar esses dois principais grupos (PROCOP *et al.*, 2018; TORTORA; FUNKE; CASE, 2017). Já a diferenciação do grupo fermentador e grupo não fermentador ocorre a partir dos resultados de testes bioquímicos, explorados ao longo do presente estudo.

#### 4.1.1. Cocos Gram-positivo

Com sua parede celular espessa composta por peptidoglicano, o Gram-positivo é o primeiro a ser explorado no presente estudo. Essas bactérias apresentam coloração roxo/azul na técnica de coloração de Gram e tem formas esféricas (cocos). Estão presentes em uma variedade de ambientes, incluindo solo e água, e podem estabelecer uma relação benéfica como microbiota no corpo humano. São comumente encontradas na pele e nas membranas mucosas. Dentre as principais bactérias Gram-positivas, destacam-se *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativo*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae* e *Enterococcus faecalis* (KARAMAN; JUBEH; BREIJYEH, 2020; KAPOOR; SAIGAL; ELONGAVAN, 2017; OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

As infecções causadas por bactérias Gram-positivas incluem uma ampla variedade de doenças, como infecções de pele, pneumonia, meningite, osteomielite, infecções do trato urinário (ITU), endocardite, infecções do trato respiratório superior e inferior, infecções do trato urogenital e sepse. *Staphylococcus aureus* é um exemplo de microbiota oportunista. Em condições normais, faz parte da microbiota presente na pele e mucosas, porém, em situações oportunistas, torna-se um agente causador de infecções de pele, endocardite e ITU em indivíduos que apresentam desequilíbrio imunológico. Ademais, algumas cepas são capazes de desenvolver mecanismos de resistência aos antimicrobianos, como as cepas de *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) (KAPOOR; SAIGAL; ELONGAVAN, 2017; OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018). As espécies *Staphylococcus coagulase negativo*, *Staphylococcus epidermidis* e *Staphylococcus saprophyticus* também fazem parte da microbiota, colonizando a pele e as mucosas. No entanto, essas bactérias podem se tornar oportunistas e causar infecções em indivíduos com o sistema imunológico comprometido, em pacientes hospitalizados ou em indivíduos que utilizam prótese. Estas infecções podem ser graves, semelhantes às infecções por *Staphylococcus aureus*. *Streptococcus pyogenes* é responsável por infecções de garganta, como faringite e tonsilite, bem como infecções de pele e, em casos isolados, causa a síndrome do choque tóxico. *Streptococcus agalactiae* é uma causa comum de ITU, infecções de pele e infecções neonatais, incluindo meningite, pneumonia e sepse. Já *Enterococcus faecalis* é microbiota do trato gastrointestinal, mas pode causar

infecções em pacientes hospitalizados, sobretudo pacientes em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). As infecções causadas por *Enterococcus faecalis* podem incluir ITU, infecções do trato respiratório, sepse e endocardite (KAPOOR; SAIGAL; ELONGAVAN, 2017; OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

#### 4.1.2. Bacilos Gram-negativo fermentador

Bacilos Gram-negativo são facilmente identificados pela técnica de coloração de Gram, apresentando coloração rosa/vermelho. Posteriormente são classificados em fermentador e não fermentador. As bactérias fermentadoras utilizam glicose como fonte de metabolização energética, sendo que as espécies mais estudadas pertencem a ordem *Enterobacterales* (enterobactérias). Apesar de serem encontradas predominantemente na microbiota do trato gastrointestinal, também estão presentes e em ambientes externos como água, solo e vegetais.

As espécies mais comuns em infecções hospitalares oportunistas são *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* e *Enterobacter spp.*, seguidas por *Proteus spp.*, *Providencia spp.*, *Morganella spp.*, *Citrobacter spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.* e *Serratia spp.* Apesar de serem menos isoladas, as espécies *Edwardsiella spp.*, *Hafnia spp.* e *Yersinia spp.* recebem igual atenção clínica. Todas as enterobactérias citadas são capazes de causar infecções no sistema gastrointestinal, sistema urogenital, ITU, sepse ou trato respiratório inferior. Algumas cepas possuem mecanismos de resistência aos antimicrobianos, como, por exemplo, a presença da enzima carbapenemase, a qual inativa a ação dos antimicrobianos  $\beta$ -lactâmicos (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

#### 4.1.3. Bacilos Gram-negativo não fermentador

Bacilos não fermentador são caracterizados por não utilizarem carboidratos como fonte de energia ou o fazem através de vias metabólicas que não seja a fermentação. Algumas das principais espécies de importância clínica incluem *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia* e *Burkholderia cepacia*; não obstante, essa lista tem aumentado ao longo dos anos. São frequentemente encontradas em ambientes hospitalares, incluindo dispositivos como cateteres e respiradores, podendo causar uma variedade de infecções

hospitalares, incluindo infecções respiratórias, infecções urinárias, sepse e infecções em feridas cirúrgicas. As espécies *Pseudomonas aeruginosa* e *Acinetobacter baumannii*, por exemplo, são agentes oportunistas, que podem causar infecções em pacientes com sistema imunológico comprometido ou hospitalizados em UTI. O tratamento dessas infecções pode ser difícil devido aos variados mecanismos de resistência aos antimicrobianos comumente usados; inclusive, em muitos casos, o tratamento consiste na associação de mais de um fármaco. As multirresistências são características peculiares deste grupo (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

Em suma, a prática de identificação bacteriana possibilita associar o binômio microrganismo e infecção, analisar prevalências da espécie com ambiente – hospitalar e/ou comunitário – e prosseguir com fluxo de testes, como o TSA (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

#### **4.2. Testes de identificação presuntiva**

Após o procedimento inicial de executar a coloração de Gram direto a partir de amostras biológicas e de semeadura em meio(s) de cultura(s), a fase subsequente do processo para análise bacteriana envolve a identificação presuntiva. Os testes para identificação presuntiva são escolhidos com base nos resultados dos procedimentos iniciais. É importante ressaltar que muitos meios de cultura comerciais são seletivos e/ou diferenciais, o que simplifica a seleção dos testes. Um exemplo a destacar é o ágar *Salmonella Shigella* (ágar SS), um meio que é tanto seletivo quanto diferencial, permitindo o crescimento e diferenciação de enterobactérias das espécies *Salmonella* e *Shigella* (PROCOP *et al.*, 2018).

Em virtude do alto potencial patogênico e da ameaça que representam à saúde pública mundial, as bactérias clínicas Gram-positivo, Gram-negativo fermentador, Gram-negativo não fermentador, assim como demais citadas anteriormente, são submetidas a testes específicos, com o intuito de assegurar a precisão do processo de identificação. Estes testes de identificação são compostos químicos, disponíveis comercialmente nas formas líquida, sólida e liofilizada, capazes de identificar as principais características fenotípicas e genotípicas, como, por exemplo:

- utilização de açúcar(es): o meio bioquímico *Triple Sugar Iron* (TSI) é capaz de revelar se a bactéria isolada utiliza lactose, glicose e/ou

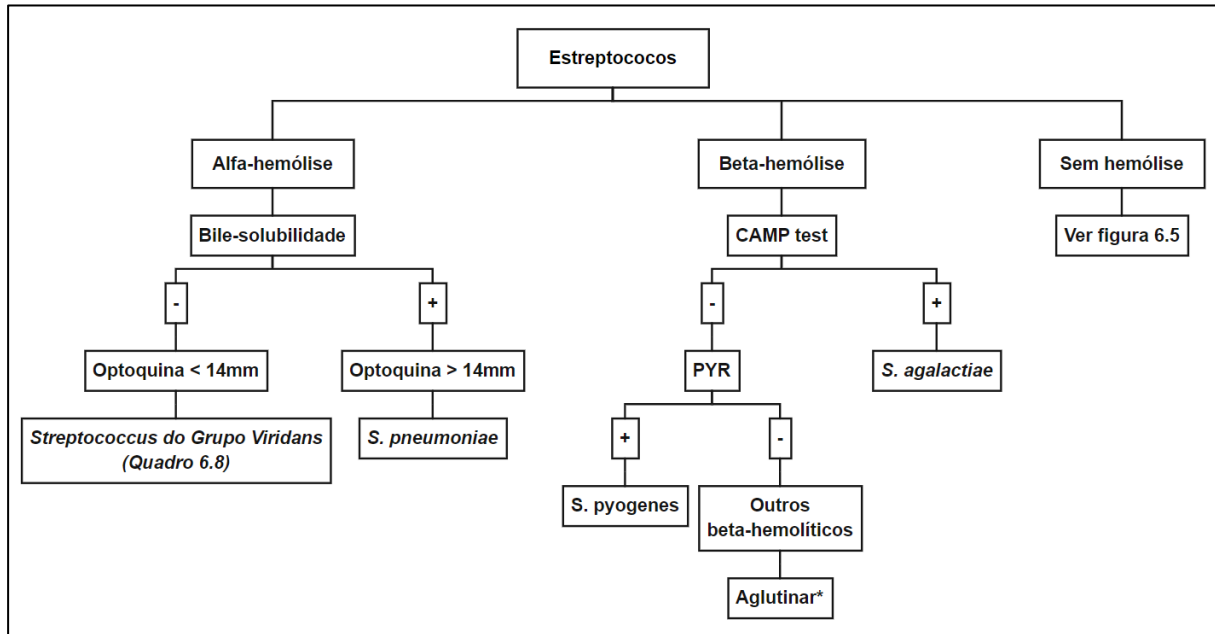
sacarose para fermentação como recurso de fonte de energia; esse teste é usual de triagem para bactérias Gram-negativas, diferenciando fermentadores de não fermentadores;

- presença de enzimas: o meio contendo DNase é capaz de detectar se a bactéria isolada produz a enzima desoxirribonuclease; esse teste é usual em bactérias Gram-negativa e em casos isolados de bactérias Gram-positiva;
- motilidade: o meio bioquímico Sulfeto de H<sub>2</sub>S, Indol e Motilidade (SIM) é capaz de revelar 3 testes em apenas 1 meio, sendo a motilidade um deles; na presença de bactéria móvel o meio ficará turvo, impossibilitando a visualização da linha de repique;
- elemento metabólico: o meio SIM também revela se a bactéria isolada é positiva para indol, elemento final do processo de degradação do triptofano.

Além dos meios bioquímicos, a utilização de discos antimicrobianos é essencial no processo de identificação. Um exemplo usual é a utilização de discos de optoquina para diferenciar *Streptococcus pneumoniae* (halo superior a 14 mm) de *Streptococcus* do grupo *viridans* (halo igual ou inferior a 14 mm) (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

As bactérias clínicas Gram-positivas seguem um fluxograma de testes conduzido conforme resultado do teste anterior. O primeiro teste de identificação para esse grupo é o teste da catalase, que diferencia *Staphylococcus spp.* – catalase positiva – de *Streptococcus spp.* e *Enterococcus spp.* – catalase negativo (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018; TRABULSI e ALTERTHUM, 2015). A Figura 1 ilustra parte do fluxograma para identificação de bactérias clínicas Gram-positiva catalase negativo.

**Figura 1.** Fluxograma para identificação de bactérias Gram-positiva catalase negativo.



Fonte: adaptado de OPLUSTIL *et al.* (2020, p. 151).

Existem diversos testes para bactérias Gram-positivas, entretanto, a execução de alguns já basta para identificar o grupo e/ou espécie bacteriana em questão. A utilização de fluxogramas é constantemente validada e altamente recomendada por órgãos de saúde, tais como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (PROCOP *et al.*, 2018).

Os procedimentos de identificação presuntiva utilizados para bactérias Gram-negativas fermentadoras compreendem um conjunto de testes bioquímicos destinados a identificar características, ou um conjunto específico de características, de cada espécie bacteriana. Diferentemente dos testes presuntivos para bactérias Gram-positivas, esse grupo não segue fluxogramas definidos. Esses testes são realizados com o intuito de analisar a presença ou ausência de reações enzimáticas e bioquímicas com bactérias da ordem *Enterobacterales*, conforme proposto inicialmente em 1973 por Farmer e colaboradores (FARMER *et al.*, 1985). Desde então, a Tabela de Farmer tem sido constantemente atualizada para inclusão de espécies de importância clínica (PROCOP *et al.*, 2018). O Quadro 1 ilustra parte da tabela, incluindo as espécies, os testes aplicados e as respectivas probabilidades de positividade.

**Quadro 1.** Tabela de Farmer para identificação de Gram-negativo fermentador.

Espécie	Indol	Citrato	H <sub>2</sub> S	Fenilalanina	Ureia	Lisina	Arginina
<i>S. plymuthica</i>	0	75	0	0	0	0	0
<i>S. ficaria</i>	0	100	0	0	0	0	0
<i>Serratia fonticola</i>	0	91	0	0	13	100	0
<i>Tatumella pytseos</i>	0	2	0	90	0	0	0
<i>Trabulsiella guamensis</i>	40	88	100	0	0	100	50
<i>Yersinia pestis</i>	0	0	0	0	5	0	0
<i>Y. pseudotuberculosis</i>	0	0	0	0	95	0	0
<i>Y. enterocolitica</i>	50	0	0	0	75	0	0
<i>Y. frederiksenii</i>	100	15	0	0	70	0	0
<i>Y. intermedia</i>	100	5	0	0	80	0	0
<i>Y. kristensenii</i>	30	0	0	0	77	0	0
<i>Y. rohdei</i>	0	0	0	0	62	0	0
<i>Y. bercovieri</i>	0	0	0	0	60	0	0
<i>Y. mollaretti</i>	0	0	0	0	20	0	0
<i>Yersinia ruckeri</i>	0	0	0	0	0	50	5

Os valores indicam o percentual de probabilidade de positividade para cada bactéria isolada e respectivo teste realizado.

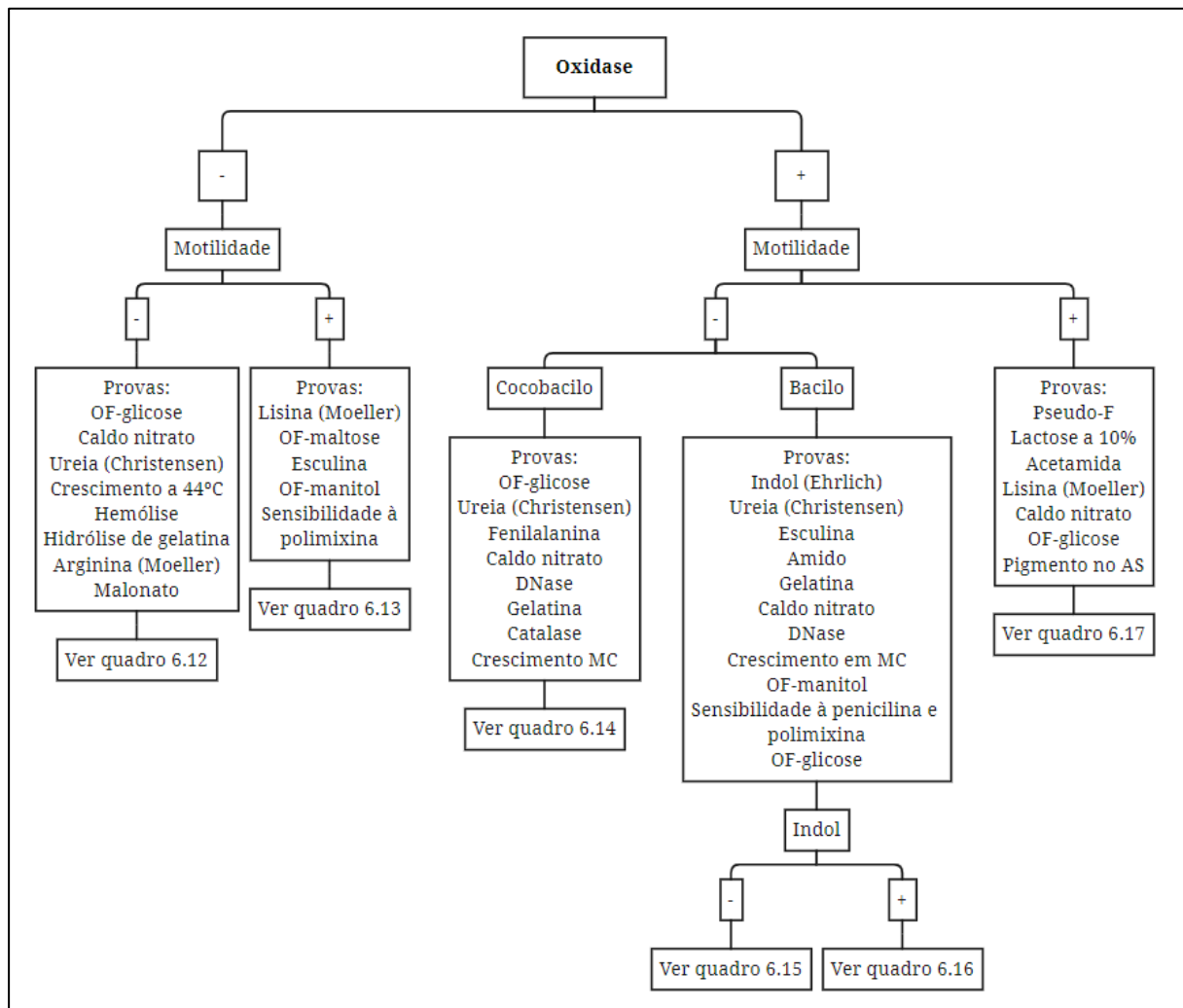
Fonte: adaptado de OPLUSTIL *et al.* (2020, p. 162).

Por se tratar de testes com análise de ausência ou presença de reações, é recomendado que sejam realizados múltiplos testes para aumentar a precisão do resultado, a menos que o meio de cultura seletivo e/ou diferencial utilizado já permita uma identificação provável da espécie bacteriana em questão (OPLUSTIL *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018). Comumente, os testes bioquímicos para identificação de bactérias Gram-negativas são disponibilizados comercialmente em tubos destinados a auxiliar na identificação de uma ou mais características bacterianas específicas. Entre as diversas opções de testes disponíveis, o meio Rugai se destaca por sua capacidade de identificar nove características da bactéria isolada em um único tubo, incluindo indol, desaminação de aminoácidos L-triptofano, fermentação de sacarose, produção de sulfeto de hidrogênio, produção de gás, hidrólise da ureia, fermentação de glicose, descarboxilação da lisina e motilidade (OPLUSTIL *et al.*, 2020).

Já a identificação presuntiva de bactérias Gram-negativas não fermentadoras segue métodos similares à identificação presuntiva de Gram-positivas, incluindo o uso de fluxogramas. Em relação à relevância clínica, em torno de 5 gêneros bacterianos são de extrema importância por apresentarem resistência aos tratamentos antimicrobianos tradicionais e por sobreviverem por longos períodos em ambientes

inanimados, sobretudo em dispositivos hospitalares; esses gêneros são *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Burkholderia*, *Stenotrophomonas* e *Elizabethkingia*. Todavia, a relação de gêneros de importância clínica tem aumentado, o que tem gerado inquietações nas equipes de assistência à saúde (CHUMBITA *et al.*, 2022; PROCOP *et al.*, 2018). A Figura 2 ilustra parte de um fluxograma de identificação presuntiva de bactérias Gram-negativas não fermentadoras, iniciando pelo teste da oxidase.

**Figura 2.** Fluxograma para identificação de Gram-negativo não fermentador.



Fonte: adaptado de OPLUSTIL *et al.* (2020, p. 167).

Conforme o próprio nome sugere, os testes de identificação bacteriana presuntiva não garantem com absoluta certeza a classificação taxonômica da bactéria isolada. Os testes bioquímicos simulam condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento das características *in vitro*, o que pode resultar em variações de resultados em comparação com os testes *in vivo*. A pesquisa do material genético por

meio de equipamentos automatizados é considerada o padrão-ouro, porém ainda é uma realidade distante para a maioria dos laboratórios clínicos (LEO *et al.*, 2020; PROCOP *et al.*, 2018).

Em suma, a identificação presuntiva pode ser um processo complexo e demorado devido à extensa variedade de espécies de bactérias e à necessidade de realizar múltiplos testes bioquímicos (PROCOP *et al.*, 2018). Para esses casos, o uso de dispositivos digitais visa facilitar processos de forma segura e educativa, destacados no subtópico a seguir.

### **4.3. Apps para ensino/educação na área da saúde**

Nos últimos anos, o desenvolvimento de *apps* voltados para o ensino na área da saúde tem crescido consideravelmente, podendo ser utilizado em diversos contextos, como em treinamentos e simulações de procedimentos, educação continuada, atualização sobre novas pesquisas e tecnologias, e até mesmo para o acompanhamento de pacientes. O desenvolvimento de aplicativos móveis para a área da saúde traz benefícios para estudantes, profissionais e pacientes. Os estudantes podem ter acesso a conteúdos mais atualizados e dinâmicos, além de praticarem procedimentos em ambiente virtual, o que pode contribuir para a redução de erros durante a realização de procedimentos reais. Já os profissionais podem utilizar os aplicativos para aprimorar seus conhecimentos, ter acesso a novas tecnologias e se manterem atualizados sobre pesquisas e tratamentos. E os pacientes podem se beneficiar com aplicativos que auxiliam no monitoramento de sua saúde e no controle de doenças crônicas. No entanto, é importante ressaltar que o uso de *apps* na área da saúde não substitui o conhecimento e a experiência adquiridos por meio de formação acadêmica e prática profissional, devendo ser vistos como uma ferramenta auxiliar, que pode contribuir para aprimorar a educação e a capacitação de profissionais e estudantes (AZIZI; KHATONY, 2019; CHASE *et al.*, 2018; FERNÁNDEZ-LAO *et al.*, 2016; FLOREN *et al.*, 2020).

Um estudo de Floren *et al.* (2020) relata o desenvolvimento do PIVOT med, *app* utilizado por uma equipe profissional interdisciplinar – farmacêuticos e médicos reumatologistas – que visa ofertar o melhor tratamento medicamentoso para usuários com diagnóstico de lúpus eritematoso sistêmico. Um estudo publicado por Golenhofen *et al.* (2019) aborda sobre o eMed-App, desenvolvido para acadêmicos de medicina

que reforça o ensino em anatomia do sistema esquelético e possui módulos de seminários sobre o tema. Já o estudo de FERNÁNDEZ-LAO *et al.* (2016) aborda sobre o EcoFisio, *app* para acadêmicos e profissionais de fisioterapia que visa auxiliar na anamnese e interpretação de resultados de ultrassom na região dos ombros.

Há vários exemplos do uso de aplicativos na área da microbiologia clínica. O aplicativo E-Detect TB possibilita o armazenamento e manipulação de dados de pacientes diagnosticados com tuberculose, bem como o acesso a fluxogramas de sintomatologia, conduta de diagnóstico e tratamento; assim, doenças classificadas como transmissíveis pela OMS podem ser monitoradas e na população local (BARCELLINI *et al.*, 2019). O SmarT-LAMP, *app* utilizado na biologia molecular, auxilia na detecção e quantificação de material genético de bactérias presentes em amostras de urina; com base nos resultados de quantificação bacteriana, o médico opta pelo antimicrobiano eficaz e garante a melhora na saúde do paciente com agilidade, segurança e qualidade (BARNES *et al.*, 2018). *Apps* contendo diretrizes e protocolos de tratamentos antimicrobianos visam guiar a decisão de equipes e acadêmicos com base no resultado do TSA, visto que há uma lista minuciosa e atualizada constantemente sobre bactérias que apresentam resistências aos antimicrobianos.

Com a alta procura por *apps* na saúde, em específico na microbiologia clínica, cresce a necessidade de compreender o que acadêmicos e profissionais desta área do conhecimento buscam (HELOU *et al.*, 2020; NORI *et al.*, 2017). Em todos os trabalhos relacionados percebeu-se que a elaboração de conteúdo, escolha de recurso tecnológico e a construção dos *apps* seguiram por processos técnicos, assim como as avaliações quanto à usabilidade pela percepção dos usuários. Como resultados, todos foram bem pontuados e avaliados. Além disso, o uso de jogos educacionais móveis também tem sido explorado na microbiologia clínica. Nas plataformas digitais *Google Play Store* e *Apple App Store* é possível encontrar jogos nessa temática, como “Infection bio war” e “Plague Inc.”. Esse tipo de abordagem pode tornar o processo de aprendizado mais divertido e engajador.

Em suma, o desenvolvimento de aplicativos móveis voltados para o ensino na área da saúde tem se mostrado uma ferramenta importante para aprimorar a educação continuada de profissionais e estudantes, contribuindo para a melhoria da qualidade dos serviços prestados.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de um delineamento metodológico. O processo *Design Instrucional Sistemático* (DIS) foi escolhido por atender aos objetivos geral e específicos de atualização do aplicativo e avaliação dos usuários. Segundo Sousa e Turrini (2019), o processo apresenta etapas de: 1) Análise; 2) *Design* e desenvolvimento; 3) Implementação; e 4) Avaliação. O processo DIS foi proposto em 1978 por Walter Dick e Lou M. Carey e pode apresentar etapas cíclicas, ou seja, em determinadas etapas é possível retornar a etapa anterior, aplicar os ajustes necessários e, por fim, prosseguir com as demais etapas.

O presente estudo, que consiste principalmente na atualização do *app*, é a continuação do estudo de Pfeiffer, Mattos e Lopes (2020), que aborda sobre o desenvolvimento e avaliação dos usuários com relação ao uso do *app* Identificador Bacteriano.

### 5.1. Análise

Inicialmente ocorreram reuniões entre as pesquisadoras do presente estudo para definir os objetivos do estudo, cronograma de execução, orçamento, contratação de suporte técnico de um profissional da área de Tecnologia da Informação (TI) e os procedimentos para execução e conclusão do estudo, tais como:

- Potencial população de estudo e potenciais locais: a partir de contato via e-mail para coordenações dos cursos da saúde de IES da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul e regiões próximas. Entende-se por cursos da saúde os cursos de Biomedicina e Farmácia, visto que cursam disciplinas na área de Microbiologia Clínica/Bacteriologia Clínica.
- População de estudo e locais: dois locais retornaram e-mail com interesse em participar do presente estudo – curso de Biomedicina da Universidade Luterana do Brasil campus Carazinho (ULBRA Carazinho) e curso de Biomedicina noturno da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) –. O estudo também buscou distinguir a população entre docentes e discentes, com a proposta de analisar possíveis similaridades ou divergências entre os resultados
- Número amostral de participantes estimado: a partir de contato prévio com as coordenações das duas IES para saber a estimativa de docentes e discentes, ao

final dos contatos, houve uma estimativa de 40 discentes e 1 docente pertencentes ao curso de Biomedicina noturno da UFCSPA por semestre e 30 discentes e 1 docente pertencentes ao curso de Biomedicina da ULBRA por semestre, totalizando a estimativa de 72 participantes.

Nessa etapa também ocorreu a escolha por referências bibliográficas da área de bacteriologia clínica de alto impacto científico a serem utilizadas como base de referência para a nova versão do Identificador Bacteriano. Optou-se por 3 livros com edições recentes traduzidos para o português brasileiro:

1. OPLUSTIL, C. P. *et al.* **Procedimentos Básicos em Microbiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2020.
2. PROCOP, G. W. *et al.* **Diagnóstico Microbiológico: texto e atlas**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
3. TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2015.

Os conteúdos de interesse foram retirados das 3 referências e compilados em planilha elaborada pelo *software* Excel versão 2021. A planilha foi organizada em 3 abas identificadas como 1) Gram-positivo, 2) Gram-negativo fermentador e 3) Gram-negativo não fermentador. Cada aba apresenta um quadro correlacionando os resultados dos testes bioquímicos mais usuais com as principais bactérias de importância clínica. O Quadro 2 mostra o conteúdo final da aba Gram-positivo.

**Quadro 2.** Conteúdo da aba Gram-positivo (continua).

Espécie/Grupo	Catalase	Coagulase
<i>Enterococcus faecium</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Enterococcus faecalis</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<b><i>Enterococcus spp.</i></b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
<i>Micrococcus sp.</i>	positivo/resistente	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<i>Staphylococcus aureus</i>	positivo/resistente	positivo/resistente
<i>Staphylococcus coagulase negativo</i>	positivo/resistente	negativo/sensível
<b><i>Staphylococcus epidermidis</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b><i>Staphylococcus haemolyticus</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b><i>Staphylococcus hominis subesp. hominis</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b><i>Staphylococcus hominis subesp. novobiosepticus</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b><i>Staphylococcus lugdunensis</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	positivo/resistente	negativo/sensível
<b><i>Staphylococcus schleiferi subesp. schleiferi</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<i>Staphylococcus spp.</i>	positivo/resistente	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b><i>Staphylococcus warneri</i></b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<i>Streptococcus agalactiae</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Streptococcus grupo D</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Streptococcus grupo viridans</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Streptococcus pyogenes</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Streptococcus spp.</i>	negativo/sensível	negativo/sensível

**Quadro 2.** Conteúdo da aba Gram-positivo (continuação).

Manitol	Bacitracina	Novobiocina
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	positivo/resistente	positivo/resistente
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	positivo/resistente	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível
negativo/sensível	<b>positivo/resistente</b>	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível

**Quadro 2.** Conteúdo da aba Gram-positivo (continuação).

Oxidase	Alfa-hemólise	Beta-hemólise
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
positivo/resistente		
negativo/sensível		
negativo/sensível		
<b>negativo/sensível</b>		
<b>negativo/sensível</b>		
<b>negativo/sensível</b>		
<b>negativo/sensível</b>		
<b>negativo/sensível</b>		
negativo/sensível		
<b>negativo/sensível</b>		
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>		
<b>negativo/sensível</b>		
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível
negativo/sensível	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>

**Quadro 2.** Conteúdo da aba Gram-positivo (continuação).

Gama-hemólise	Bile solubilidade	Optoquina
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	negativo/sensível	negativo/sensível
	negativo/sensível	negativo/sensível
	negativo/sensível	negativo/sensível
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	negativo/sensível	negativo/sensível
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível	<b>positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>

**Quadro 2.** Conteúdo da aba Gram-positivo (continuação).

CAMP	PYR	Arginina
negativo/sensível	positivo/resistente	positivo/resistente
negativo/sensível	positivo/resistente	<b>positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	<b>positivo/resistente</b>
negativo/sensível	negativo/sensível	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
<b>negativo/sensível</b>	<b>positivo/resistente</b>	<b>positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível ou positivo/resistente</b>	<b>negativo/sensível</b>



1: *Streptococcus spp.* Alfa-hemolítico, *Streptococcus spp.* Beta-hemolítico e *Streptococcus spp.* Gama-hemolítico. Com relação aos testes bioquímicos, alguns não se aplicam a determinados grupos, como a observação de hemólise (alfa, beta e gama), teste de sorbitol, teste da bile esculina e o teste de concentração de NaCl 6,5% sobre o grupo *Staphylococcus spp.*, o que justifica a ausência de informações (campos vazios).

Ao analisar as 3 referências de base, optou-se por expressar os resultados dos testes bioquímicos de modo qualitativo. Quanto aos resultados, existem 3 possibilidades:

1. Positivo/resistente: para os testes que acusaram positividade frente a reação química ou que acusaram resistência frente ao uso de disco antimicrobiano;
2. Negativo/sensível: para os testes que acusaram negatividade frente a reação química ou que acusaram sensibilidade frente ao uso de disco antimicrobiano;
3. Negativo/sensível ou Positivo/resistente: são considerados para os testes com resultado variável.

Já a aba Gram-negativo fermentador compreende um quadro contendo 22 principais grupos/espécies bacterianas pertencentes a ordem *Enterobacterales* e 24 testes bioquímicos laboratoriais mais usuais. Na atualização houve a inclusão de 3 espécies bacterianas: *Hafnia alvei*, *Providencia alcalifaciens* e *Yersinia enterocolitica* e a inclusão de 10 testes bioquímicos sobre a espécie *Pantoea agglomerans*: ONPG, Voges Proskauer, adonitol, salicina, arabinose, inositol, sorbitol, rafinose, manitol e ramnose. Também houve a atualização taxonômica de 2 espécies: *Klebsiella aerogenes* (antigamente *Enterobacter aerogenes*) e *Pantoea agglomerans* (antigamente *Enterobacter agglomerans*). Os resultados da aba Gram-negativo fermentador foram elaborados de acordo com a Tabela de Farmer, ou seja, com a probabilidade de percentual de positividade da bactéria isolada com o respectivo teste bioquímico. O Quadro 3 ilustra o conteúdo da aba Gram-negativo fermentador.

**Quadro 3.** Conteúdo da aba Gram-negativo fermentador (continua).

Espécie	Indol	Citrato de Simmons	H <sub>2</sub> S	Fenilalanina	Ureia	Lisina	Arginina
<i>Citrobacter diversus</i> (koseri)	99	99	0	0	75	0	80
<i>Citrobacter freundii</i>	33	78	78	0	44	0	67
<i>Edwardsiella tarda</i>	99	1	100	0	0	100	0
<b><i>Klebsiella aerogenes</i></b>	0	95	0	0	2	98	0
<b><i>Pantoea agglomerans</i></b>	20	50	0	20	20	0	0
<i>Enterobacter cloacae</i>	0	100	0	0	65	0	97
<i>Escherichia coli</i>	98	1	1	1	1	90	17
<i>Klebsiella oxytoca</i>	99	95	0	1	90	99	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	98	0	0	95	98	0
<i>Morganella morganii</i>	95	0	20	95	95	1	0
<i>Proteus mirabilis</i>	2	65	98	98	98	0	0
<i>Proteus vulgaris</i>	98	15	95	99	95	0	0
<i>Providencia rettgeri</i>	99	95	0	98	98	0	0
<i>Providencia stuartii</i>	98	93	0	95	30	0	0
<i>Salmonella typhi</i>	0	0	97	0	0	98	3
<i>Salmonella spp.</i>	1	95	95	0	1	98	70
<i>Serratia marcescens</i>	1	98	0	0	15	99	0
<i>Shigella sonnei</i>	0	0	0	0	0	0	2
<i>Shigella spp.</i>	50	0	0	0	0	0	5
<b><i>Hafnia alvei</i></b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>6</b>
<b><i>Providencia alcalifaciens</i></b>	<b>99</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b><i>Yersinia enterocolitica</i></b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Quadro 3.** Conteúdo da aba Gram-negativo fermentador (continuação).

Ortina	Motilidade a 35 + 1°C	Lactose	Sacarose	Gás de Glicose	DNase 25°C	Malonato	ONPG
99	95	50	40	98	0	90	99
0	89	78	89	89	0	11	89
100	98	0	0	100	0	0	0
98	97	95	100	100	0	95	100
0	85	40	75	20	0	65	<b>90</b>
96	95	93	97	100	0	75	99
65	95	95	50	95	0	0	95
0	0	100	100	97	0	98	100
0	0	98	99	97	0	93	99
95	95	1	0	90	0	1	10
99	95	2	15	96	50	2	0
0	95	2	97	85	80	0	1
0	94	5	15	10	0	0	0
0	85	2	50	0	10	0	10
0	97	1	0	0	0	0	0
97	95	1	1	96	2	0	0
99	97	2	99	55	98	3	95
98	0	2	1	1	0	0	97
1	0	1	0	2	0	0	5
<b>98</b>	<b>85</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>90</b>
<b>1</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>95</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>95</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>95</b>

**Quadro 3.** Conteúdo da aba Gram-negativo fermentador (conclusão).

Voges Proskauer	Adonitol	Salicina	Arabinose	Inositol	Sorbitol	Rafinose	Manitol	Ramnose
0	99	15	99	0	99	0	99	99
0	0	0	100	0	100	44	100	100
0	0	0	9	0	0	0	0	0
98	98	100	100	95	91	96	100	99
<b>70</b>	<b>7</b>	<b>65</b>	<b>95</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>85</b>
100	25	75	100	15	95	97	100	92
0	5	40	99	1	94	50	98	80
95	99	100	98	98	99	100	99	100
98	90	99	99	95	99	99	99	99
0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	50	0	0	0	1	0	5
0	100	50	0	90	1	5	100	70
0	5	2	1	95	1	7	10	0
0	0	0	2	0	99	0	100	0
0	0	0	80	0	90	8	99	90
98	40	95	0	75	99	2	99	0
0	0	0	95	0	2	3	99	75
0	0	0	70	0	35	20	90	15
<b>85</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>95</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>99</b>	<b>97</b>
<b>0</b>	<b>98</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>2</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>98</b>	<b>30</b>	<b>99</b>	<b>5</b>	<b>98</b>	<b>1</b>

**Legenda:** palavras e números em negrito representam informações acrescentadas a atualização ou informações que necessitaram de atualização de literatura.

Fonte: autoras.

A terceira aba, Gram-negativo não fermentador, foi elaborada para ser incluída na atualização do Identificador Bacteriano, visto que as infecções por esse grupo apresentaram grande notoriedade na área clínica no decorrer dos anos. O quadro é formado por 31 grupos/espécies bacterianas de importância clínica e 17 testes bioquímicos usuais. Os resultados dos testes são expressos de modo qualitativo com as 3 possibilidades de resultados, assim como a aba Gram-positivo. O Quadro 4 ilustra o conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador.

**Quadro 4.** Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador (continua).

Espécie	Pigmento amarelo	Oxidase
<i>Achromobacter denitrificans</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Acinetobacter baumannii</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Acinetobacter spp. sacarolíticas</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Alcaligenes faecalis</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Brevundimonas diminuta</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Brevundimonas vesicularis</i>	positivo/resistente	positivo/resistente
<i>Burkholderia cepacia</i> , complexo	negativo/sensível ou positivo/resistente	positivo/resistente
<i>Burkholderia gladioli</i>	negativo/sensível	negativo/sensível
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Delftia acidovorans</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Elizabethkingia meningoseptica</i>	negativo/sensível ou positivo/resistente	positivo/resistente
Grupo Vb-3 dos CDC	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas luteola</i>	positivo/resistente	negativo/sensível
<i>Pseudomonas mendocina</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas oryzae</i>	positivo/resistente	negativo/sensível
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas putida</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas spp.</i> , grupo 1	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Ralstonia mannitolilytica</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Ralstonia pickettii</i> , Va-1	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Ralstonia pickettii</i> , Va-2	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Shewanella algae</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Shewanella putrefaciens</i>	negativo/sensível	positivo/resistente
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	positivo/resistente	positivo/resistente
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	negativo/sensível	negativo/sensível



**Quadro 4.** Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador (continuação).

Maltose	Lactose	Manitol
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	positivo/resistente	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
positivo/resistente	positivo/resistente	positivo/resistente
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	positivo/resistente	positivo/resistente
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível ou positivo/resistente	positivo/resistente
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível

**Quadro 4.** Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador (continuação).

Arginina	Lisina	Ureia
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível

**Quadro 4.** Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador (continuação).

ONPG	DNase	Acetamida
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível

**Quadro 4.** Conteúdo da aba Gram-negativo não fermentador (conclusão).

Esculina	H <sub>2</sub> S	Polimixina B
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível ou positivo/resistente
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível ou positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	negativo/sensível
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	negativo/sensível	positivo/resistente
negativo/sensível	positivo/resistente	negativo/sensível
negativo/sensível ou positivo/resistente	positivo/resistente	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível
positivo/resistente	negativo/sensível	negativo/sensível

Fonte: autoras.

A atualização da planilha e suas respectivas abas foram cruciais para o bom andamento do estudo e foram utilizadas como fonte de consulta na etapa seguinte.

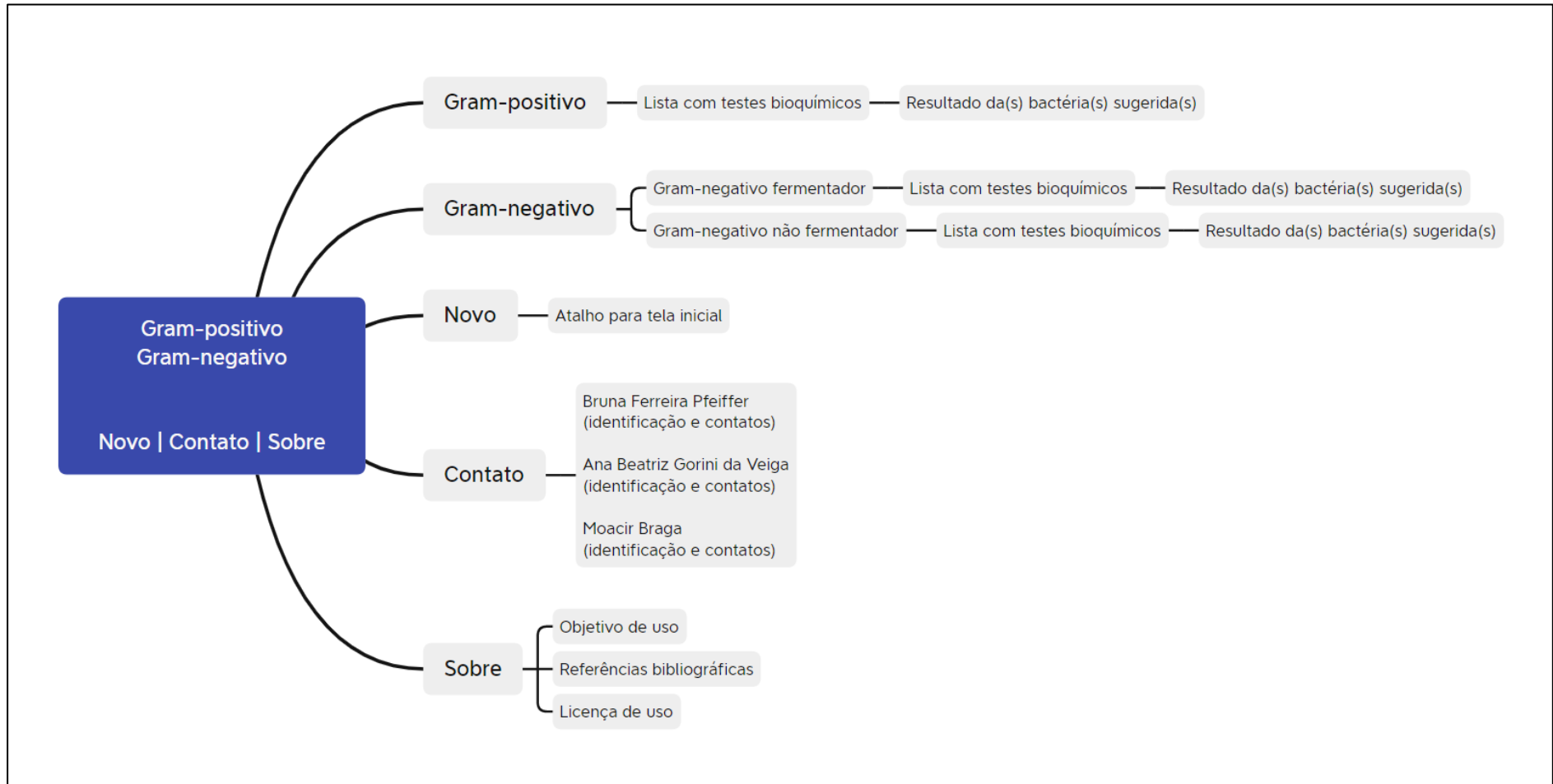
## 5.2. *Design* e Desenvolvimento

A segunda etapa do processo de atualização foi dividida em dois blocos: 1) *Design* e 2) Desenvolvimento.

O bloco *Design* foi caracterizado por reuniões entre a pesquisadora discente e o profissional de TI com especialização em desenvolvimento e programação para definirem o escopo do estudo quanto à atualização de interface gráfica, inclusão e edição de recursos de programação e inclusão, edição e retirada de conteúdos de aprendizado. A planilha apresentada na etapa anterior serviu como fonte de consulta com relação ao conteúdo de aprendizado. O *software* XMind versão 2021 foi utilizado nesse bloco como mapa mental para atualização das telas, facilitando a comunicação entre a pesquisadora discente e o profissional de TI. O mapa mental das telas está disponível na Figura 3.

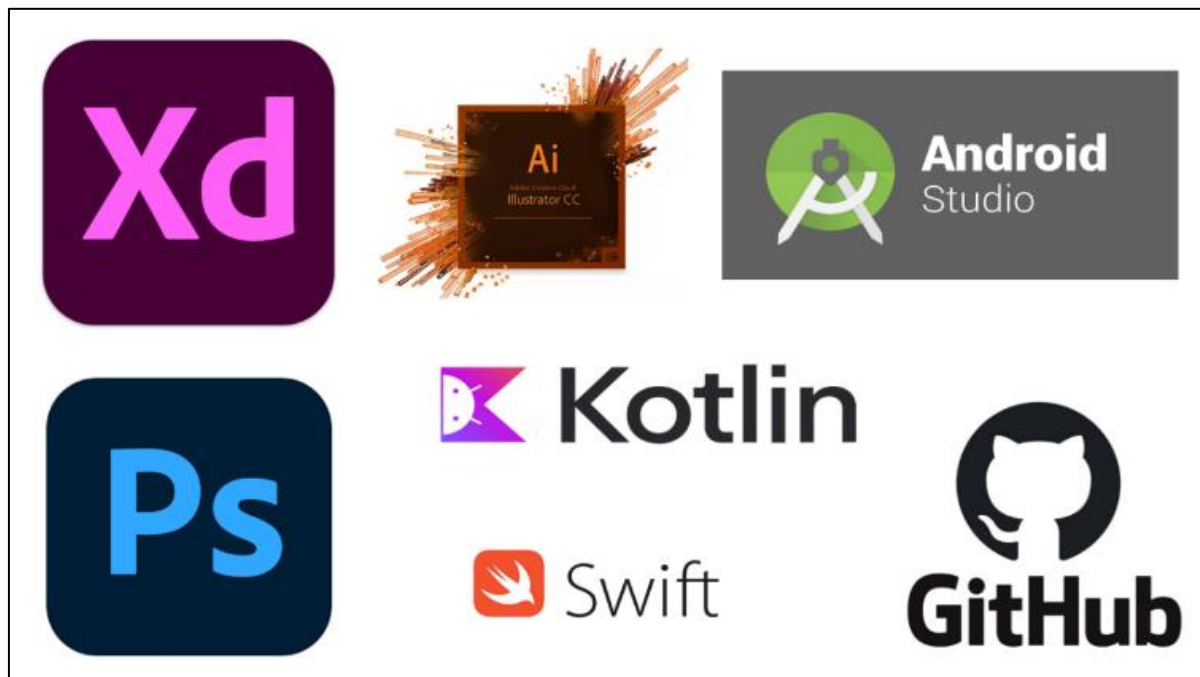
Após reuniões, o profissional de TI organizou, dentro de suas competências profissionais, os recursos de trabalho necessários para a atualização das telas – projeto arquitetural –, momento pertencente ao bloco Desenvolvimento. O profissional de TI utilizou os seguintes recursos de *softwares* para a atualização do *app*: Android Studio versão 2021, Adobe Photoshop 2021 e Adobe Illustrator 2021 para elaborar o *design* de vetores, e Adobe XD para elaborar a interface e experiência do usuário. Quanto às linguagens de programação, foram utilizadas Swift e Kotlin. Os códigos de programação estão armazenados na plataforma GitHub. A Figura 4 ilustra os *softwares* utilizados no presente estudo.

Figura 3. Mapa mental das telas elaborado via XMind.



Fonte: autoras.

**Figura 4.** Softwares utilizados para o projeto arquitetural.



Fonte: autoras.

Por fim, o *app* atualizado foi constantemente testado pela pesquisadora assistente para validar as alterações aplicadas e comunicar possíveis erros e/ou ajustes ao profissional de TI.

### **5.3. Implementação**

A etapa de Implementação consistiu na publicação da versão atualizada do Identificador Bacteriano nas plataformas digitais *Google Play Store* – para *smartphones* sistema operacional Android – e na plataforma *Apple App Store* – para *smartphones* sistema operacional iOS. A escolha pela publicação nas duas plataformas visou abranger ao máximo os usuários de interesse.

### **5.4. Avaliação**

Essa etapa se caracterizou pela participação dos usuários de interesse para testes e avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano. Inicialmente, houve contato via e-mail com as coordenações de IES localizados na região metropolitana de Porto Alegre. Por fim, 2 coordenações de curso de graduação retornaram contato autorizando o estudo. Sequencialmente, receberam e-mail de convite para

participação (Apêndice A), com *link* de acesso às plataformas *Google Play Store* e *Apple App Store* para *download* do Identificador Bacteriano e link de acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B) e do formulário de Avaliação de Usabilidade do Identificador Bacteriano (Apêndice C). O TCLE e o formulário de Avaliação de Usabilidade do Identificador Bacteriano foram elaborados pelo site Google Forms e posterior *download* dos resultados para análise.

A Escala de Usabilidade do Sistema foi escolhida como formulário de avaliação de usabilidade por atender ao objetivo do presente estudo. Tal escala foi elaborada por John Brooke e colaboradores no início dos anos 1990 e amplamente utilizada como referência em avaliações de usabilidade de sites web e *apps*, sendo composta por 10 questões objetivas que abordam sobre eficácia, eficiência e satisfação. Para mensurar a percepção do usuário, é utilizada a Escala de Likert de 5 pontos (1: Discordo totalmente; 2: Discordo; 3: Não concordo nem discordo; 4: Concordo; 5: Concordo totalmente) (MARTINS *et al.*, 2015), como mostra a Figura 5.

**Figura 5.** Escala de Usabilidade do Sistema original e validado para o idioma português.

Original Item	Corresponding item in Portuguese
I think that I would like to use this system frequently.	Acho que gostaria de utilizar este produto com frequência.
I found the system unnecessarily complex.	Considerei o produto mais complexo do que necessário.
I thought the system was easy to use.	Achei o produto fácil de utilizar.
I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto.
I found the various functions in this system were well integrated.	Considerei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas.
I thought there was too much inconsistency in this system.	Achei que este produto tinha muitas inconsistências.
I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto.
I found the system very cumbersome to use.	Considerei o produto muito complicado de utilizar.
I felt very confident using the system.	Senti-me muito confiante a utilizar este produto.
I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.	Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto.

Fonte: retirado de Martins *et al.* (2015, p. 298).

Ao final das avaliações as respostas foram recolhidas, armazenadas em planilha e calculadas para obter a pontuação final de avaliação. O cálculo contempla os seguintes passos:

1. para questões ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), o escore individual é a nota recebida por usuário menos 1 ponto;

2. para questões pares (2, 4, 6, 8), o escore individual é a subtração de 5 pela nota recebida por usuário;
3. soma-se os escores pares e ímpares;
4. multiplica-se o valor final por 2,5;
5. obtém-se o cálculo final.

O cálculo final é expresso em pontos, de 0 a 100, no qual pontos igual ou superior a 68 correspondem a uma boa classificação de avaliação de usabilidade (PADRINI-ANDRADE *et al.*, 2019). Os cálculos de avaliação de usabilidade estão dispostos no tópico 6.

### **5.5. Considerações Éticas**

O presente estudo se enquadrou nos termos da Resolução 466/12 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) e da Lei no 11.794 de 8 de outubro de 2008, que regulam CONEP e Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). O estudo foi aprovado pelo CEP da UFCSPA em agosto de 2022 (Parecer nº 5.577.099; CAAE 51229421.6.0000.5345). As medidas de responsabilidade ética estão de acordo com os princípios da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), nº. 13.709, de 14 de agosto de 2018 e em vigor no Brasil desde setembro de 2020.

## 6. RESULTADOS

O *app* Identificador Bacteriano foi atualizado de modo que não necessite de cadastro do usuário, não obtenha acesso ao *Global Positioning System* (GPS) do *smartphone* e não necessite conexão com *internet*. Isso ocorre pois sua funcionalidade é possível no modo *offline*, utilizando banco de dados integrado e códigos de programação fechados, estando de acordo com os princípios da LGPD.

Conforme objetivo geral do presente estudo, os resultados estão distribuídos em atualização do Identificador Bacteriano e avaliação sobre usabilidade do Identificador Bacteriano, explorados a seguir.

### 6.1. Atualização do Identificador Bacteriano

Após seguir as etapas descritas nos tópicos e subtópicos anteriores, o *app* Identificador Bacteriano foi atualizado e posteriormente disponibilizado aos usuários a partir de plataformas digitais para testes e avaliação. Neste subtópico serão apresentadas as atualizações aplicadas em formas de telas digitais, seguindo a ordem proposta e ilustrada na Figura 3.

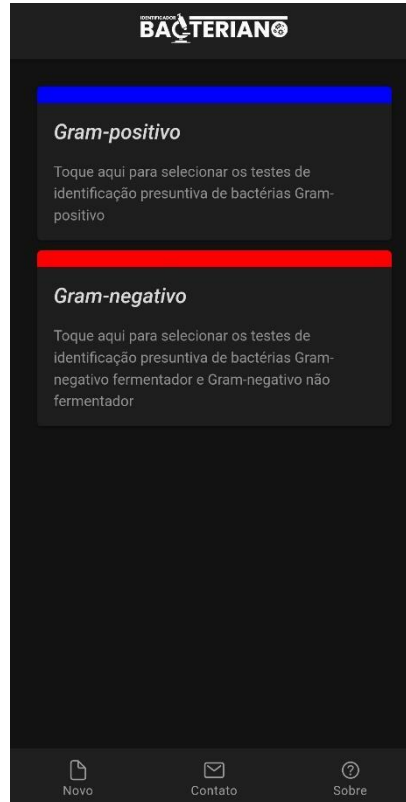
O aplicativo fornece uma tela de inicialização rápida ao ser aberto no *smartphone*. Em resumo, essa tela é exibida enquanto as informações contidas no banco de dados são carregadas. A Figura 6 mostra a tela de inicialização. Ao carregar as informações do banco de dados, a tela inicial é composta por 2 recursos de utilitários (os recursos de identificação presuntiva propriamente dito) e informações adicionais, como “Novo”, “Contato” e “Sobre”, conforme ilustra a Figura 7.

**Figura 6.** Tela de inicialização.



Fonte: autoras.

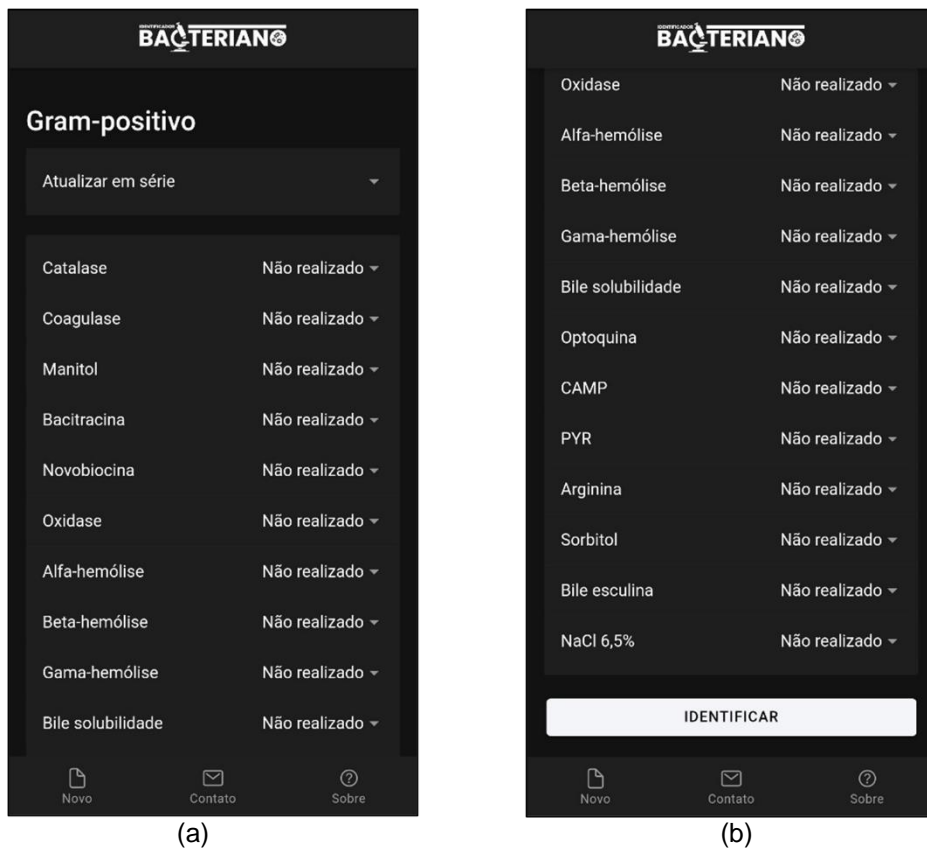
**Figura 7.** Tela inicial com utilitários e informações adicionais.



Fonte: autoras.

Ao selecionar o utilitário “Gram-positivo”, aparecerá uma lista com os principais testes usuais em laboratórios clínicos. Como padrão, os testes estão selecionados como “Não realizado”, conforme Figura 8. É possível reportar somente o resultado do teste realizado, sem precisar modificar os resultados dos demais da lista. Vale ressaltar que, quanto mais resultados são reportados, menor será a lista de sugestões exibidas para a provável bactéria isolada.

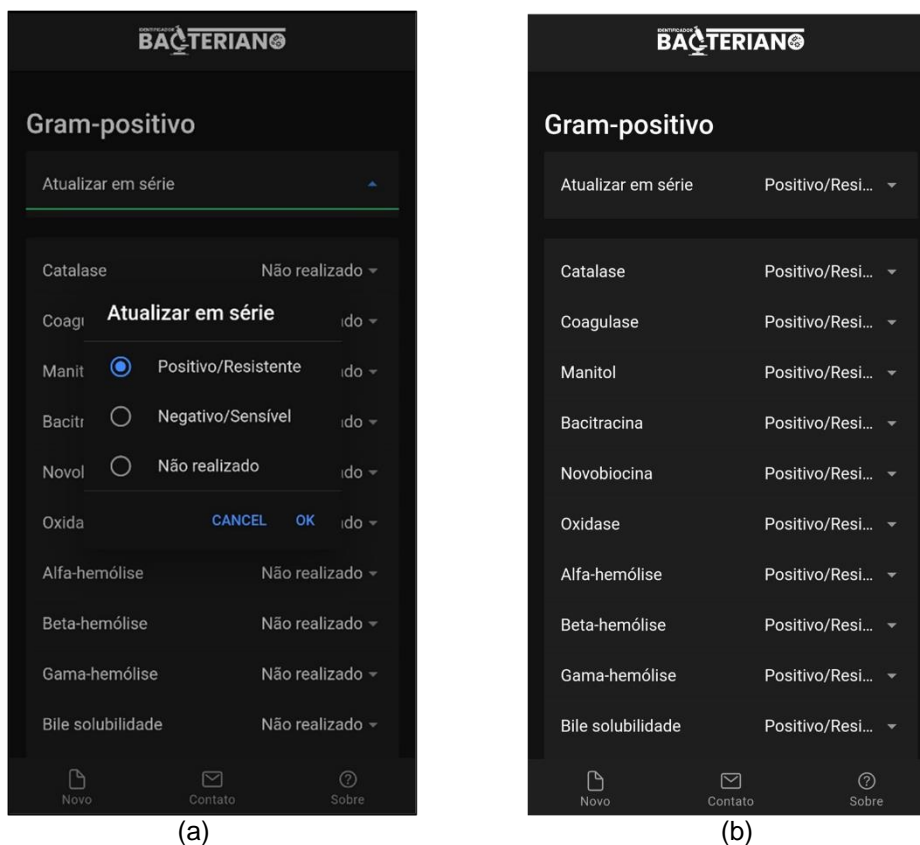
**Figura 8.** (a) tela “Gram-positivo” com lista de testes; (b) continuação da lista.



Fonte: autoras.

O recurso “Atualizar em série” permite aplicar o mesmo resultado para todos os testes da lista, reduzindo o tempo de preenchimento dos resultados (Figura 9). A opção “Identificar” está localizada ao final da lista de testes.

**Figura 9.** (a) recurso “Atualizar em série” na opção “Positivo/Resistente”; (b) resultado aplicado a todos testes da lista.

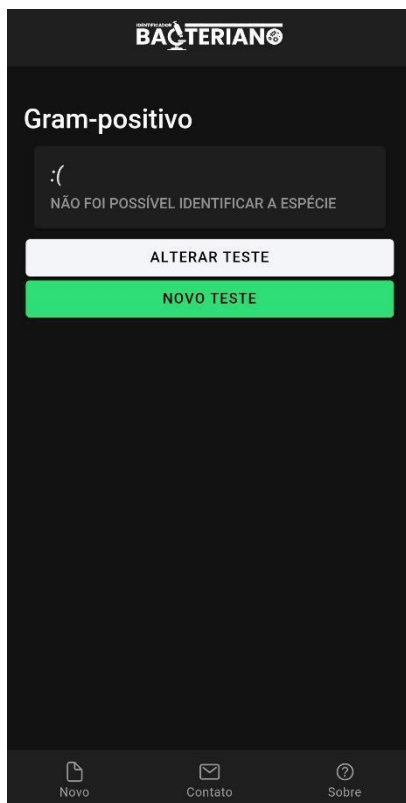


Fonte: autoras.

No exemplo ilustrado na Figura 9, ao selecionar a opção “Positivo/Resistente” em Atualizar em série e posteriormente selecionar o botão "Identificar", o aplicativo emite um alerta informando que não é possível identificar a espécie. Isso se deve ao fato de que, teoricamente, não existem espécies que apresentem resultados positivos ou resistentes em todos os testes bioquímicos da lista, conforme detalhado no Quadro 1. A Figura 10 ilustra a mensagem que aparece frente a impossibilidade de sugerir a espécie isolada.

Na mesma Figura 10 é possível observar a presença das opções “Alterar teste” e “Novo teste”. O recurso “Alterar teste” possibilita o usuário a retornar a tela da lista de testes sem alterar os resultados já imputados e reajustar só o resultado que necessita. Já a opção “Novo teste” retorna de forma imediata para a tela inicial.

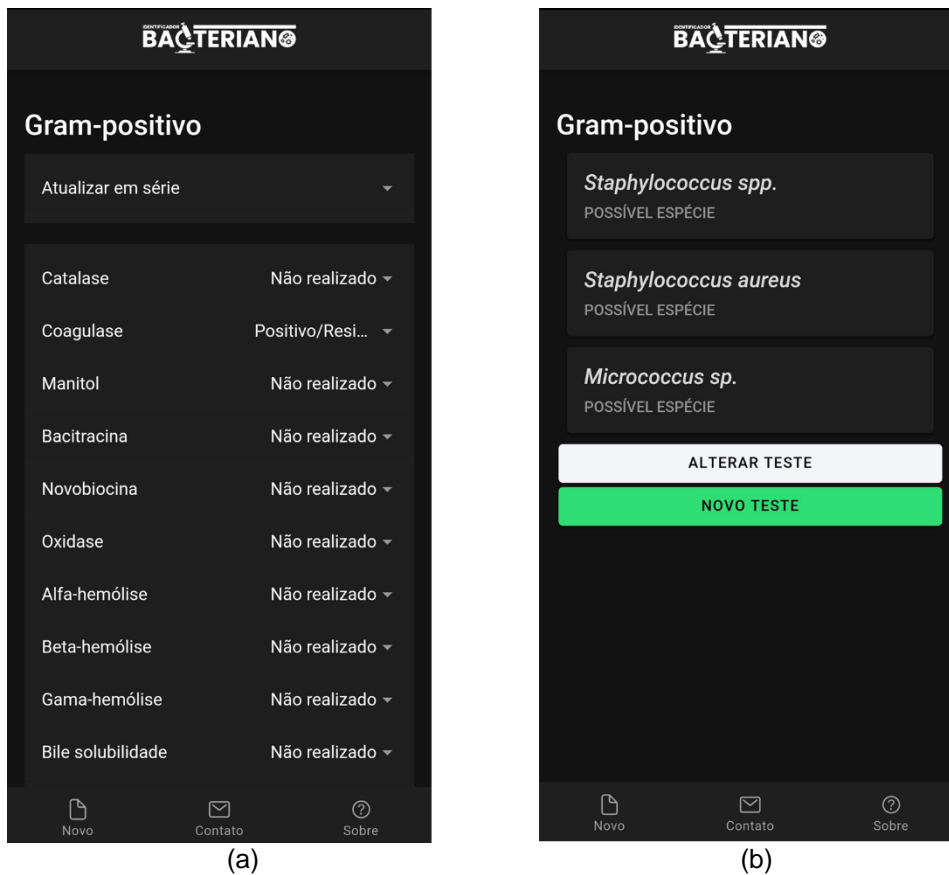
**Figura 10.** Tela de resultado para provável bactéria de acordo com resultados reportados.



Fonte: autoras.

Ao aplicar um exemplo de resultado “Positivo/Resistente” somente para o teste da coagulase, é possível observar que 3 prováveis bactérias/espécies aparecem na lista de sugestão. Isso reforça a lógica de reportar mais resultados, a fim de filtrar a lista de sugestões, conforme ilustra a Figura 11.

**Figura 11.** (a) exemplo de resultado “Positivo/Resistente” para o teste da coagulase; (b) lista de sugestões de acordo com o resultado reportado.



Fonte: autoras.

O próximo utilitário explorado compõe o Gram-negativo, no qual aparecerá as opções “Fermentador” e “Não fermentador”, como mostra a Figura 12. Assim como o utilitário "Gram-positivo", é disponibilizada uma lista com os principais testes bioquímicos, incluindo os recursos "Atualizar em série", "Alterar teste" e "Novo teste".

**Figura 12.** Tela “Gram-negativo” com as opções “Fermentador” e “Não fermentador”.

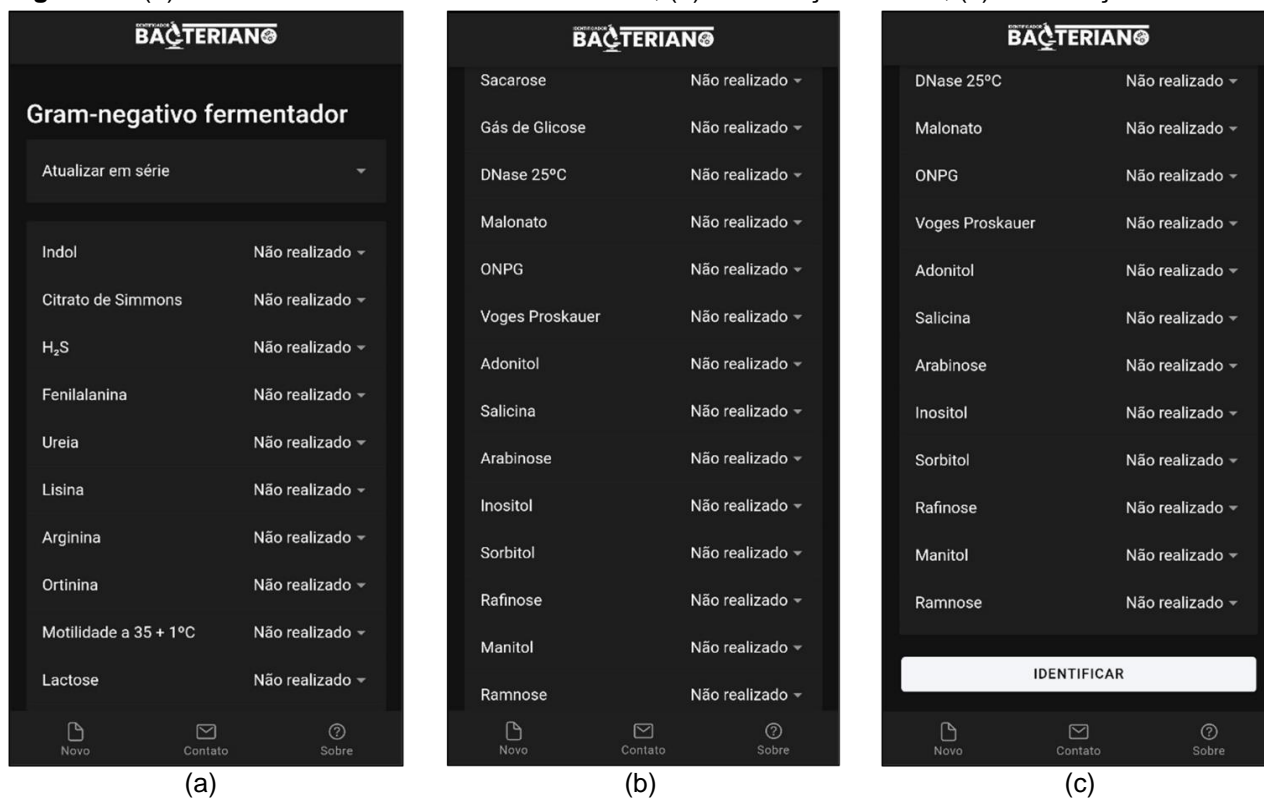


Fonte: autoras.

Ao selecionar a opção “Fermentador” aparecerá uma lista de testes bioquímicos usuais para as enterobactérias. Os recursos funcionam da mesma forma que o utilitário “Gram-positivo”. A Figura 13 ilustra as telas de testes.

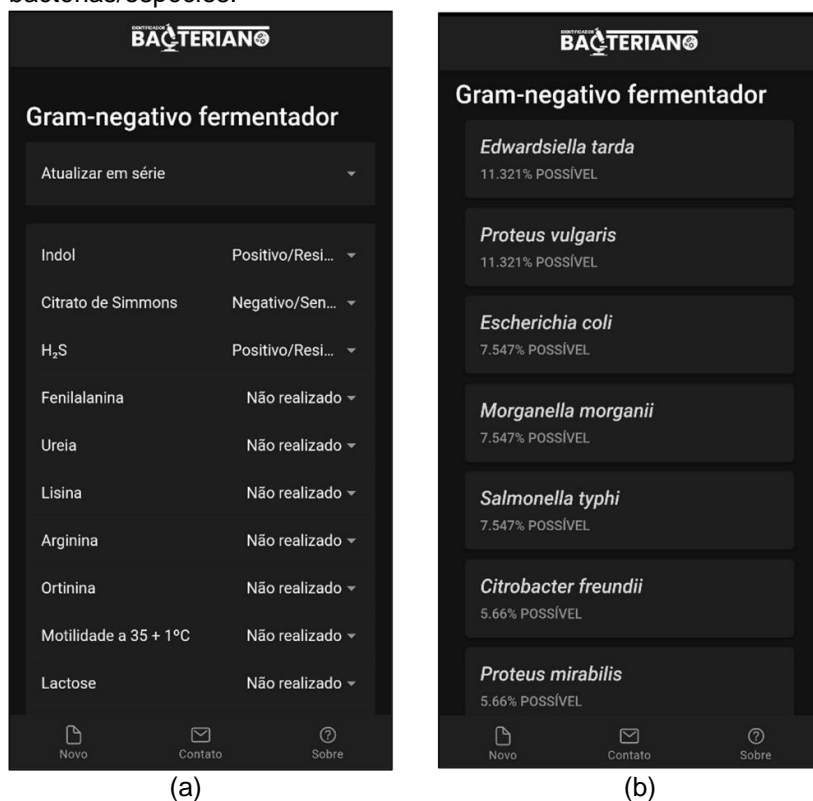
Ao contrário do utilitário “Gram-positivo”, a tela de sugestão bacteriana do utilitário “Fermentador” é composta pelas prováveis bactérias/espécies e respectivos percentuais de probabilidade de positividade, conforme proposto pela Tabela de Farmer e elaborado pelo Quadro 2. Os percentuais são recalculados automaticamente de acordo com os testes selecionados e os resultados reportados. A Figura 14 ilustra um exemplo quando selecionado “Positivo/Resistente” para Indol, “Negativo/Sensível” para Citrato de Simmons e “Positivo/Resistente” para H<sub>2</sub>S.

Figura 13. (a) Tela “Fermentador” com listas de testes; (b) continuação da lista; (c) continuação da lista.



Fonte: autoras.

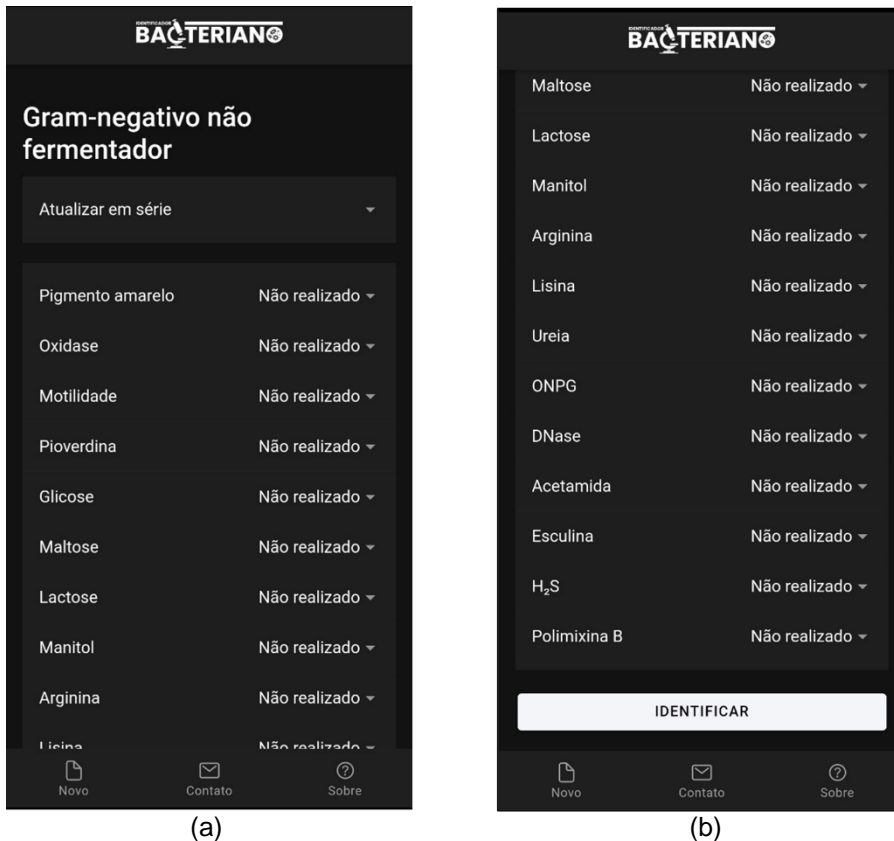
Figura 14. (a) exemplo de resultados para o utilitário “Fermentador”; (b) lista de prováveis bactérias/espécies.



Fonte: autoras.

O último utilitário explorado, “Não fermentador”, apresenta as mesmas propostas de opção de lista de testes e recursos funcionais. Quanto à análise de sugestão bacteriana, apresenta a mesma lógica de resultados qualitativos do utilitário “Gram-positivo”, disponível no Quadro 3. A Figura 15 ilustra a lista de testes disponíveis.

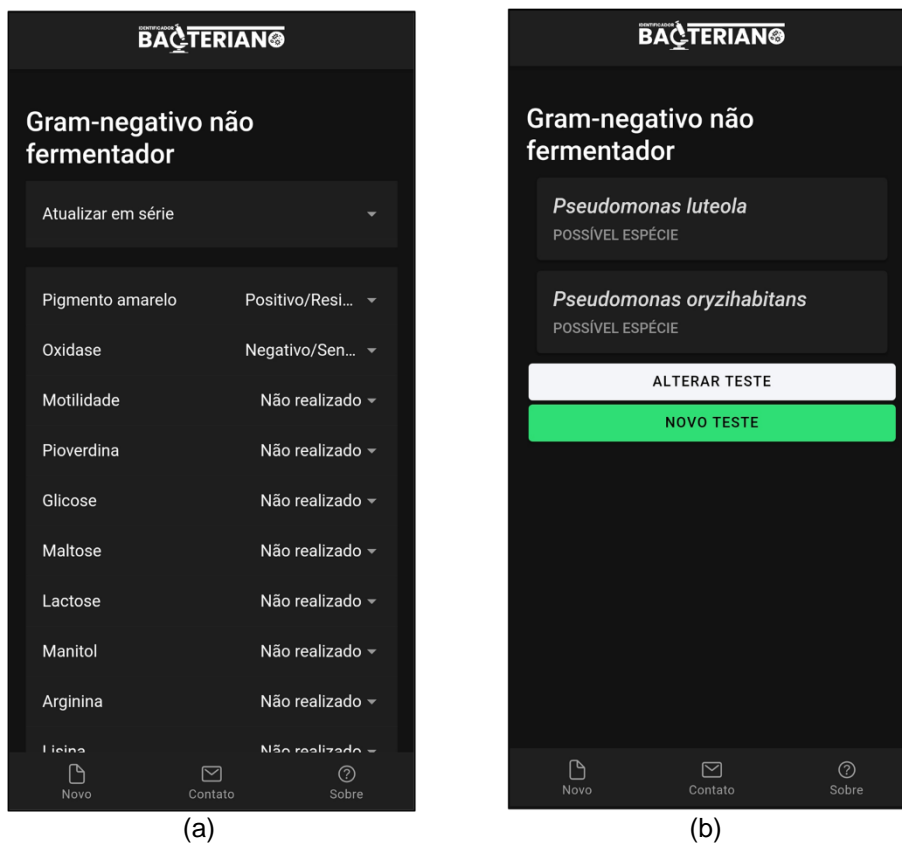
Figura 15. (a) Tela “Não Fermentador” com listas de testes; (b) continuação da lista.



Fonte: autoras.

A Figura 16 ilustra um exemplo de sugestão bacteriana quando reportado “Positivo/Resistente” para Pigmento amarelo e “Negativo/Sensível” para oxidase. As sugestões aparecem na lista sem percentual de probabilidade de positividade, assim como o utilitário “Gram-positivo”.

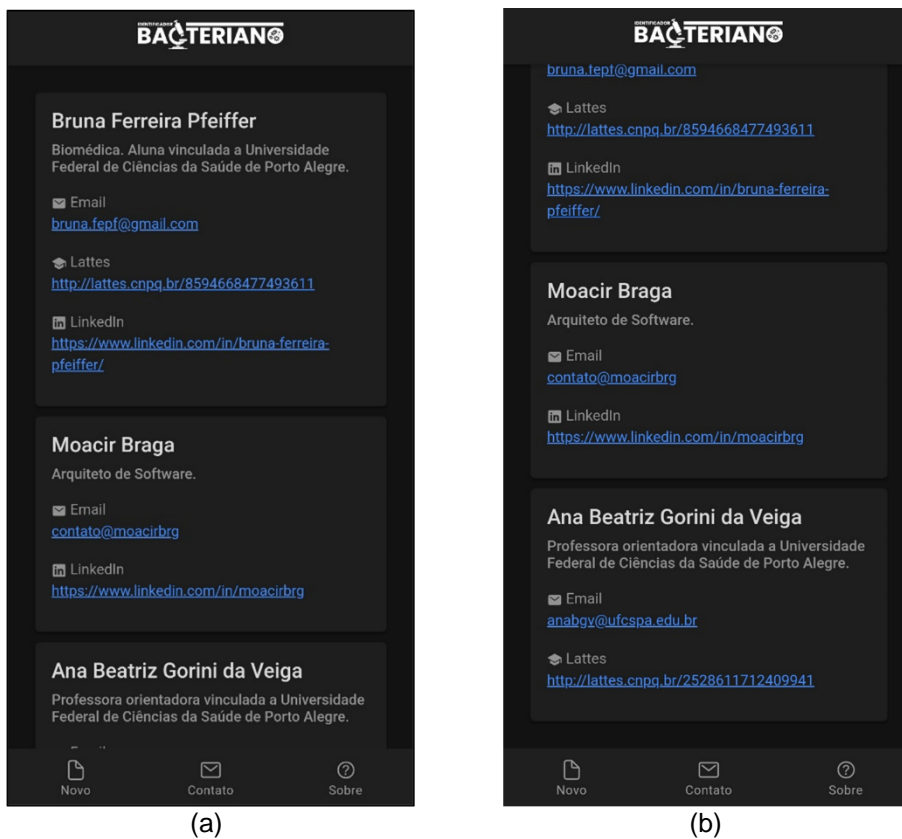
**Figura 16.** (a) exemplo de resultados para o utilitário “Não Fermentador”; (b) lista de prováveis bactérias/espécies.



Fonte: autoras.

Ao retornar à tela inicial ou navegar pelos recursos localizados na parte inferior da tela, é possível observar as informações adicionais, como “Novo”, “Contato” e “Sobre”. O recurso “Novo” proporciona retorno à tela inicial de forma instantânea. O recurso “Contato” disponibiliza os contatos dos indivíduos envolvidos com o presente estudo, como a pesquisadora docente, a pesquisadora discente e o profissional de TI. Os contatos foram disponibilizados para sanar possíveis dúvidas, atender sugestões e insatisfações dos usuários. A Figura 17 ilustra a tela “Contato”.

Figura 17. (a) tela “Contato”; (b) continuação da tela.



Fonte: autoras.

A tela “Sobre” informa os aspectos gerais do *app*, como o objetivo de uso. As referências bibliográficas utilizadas para compor as sugestões bacterianas estão presentes para pesquisa, assim como o texto de licença de uso. A Figura 18 ilustra as informações disponíveis na tela “Sobre”.

Toda elaboração, desenvolvimento e atualização do Identificador Bacteriano visou proporcionar melhor experiência ao usuário, tanto no quesito aprendizado quanto no quesito usabilidade.

Figura 18. (a) tela “Sobre”; (b) continuação da tela.



Fonte: autoras.

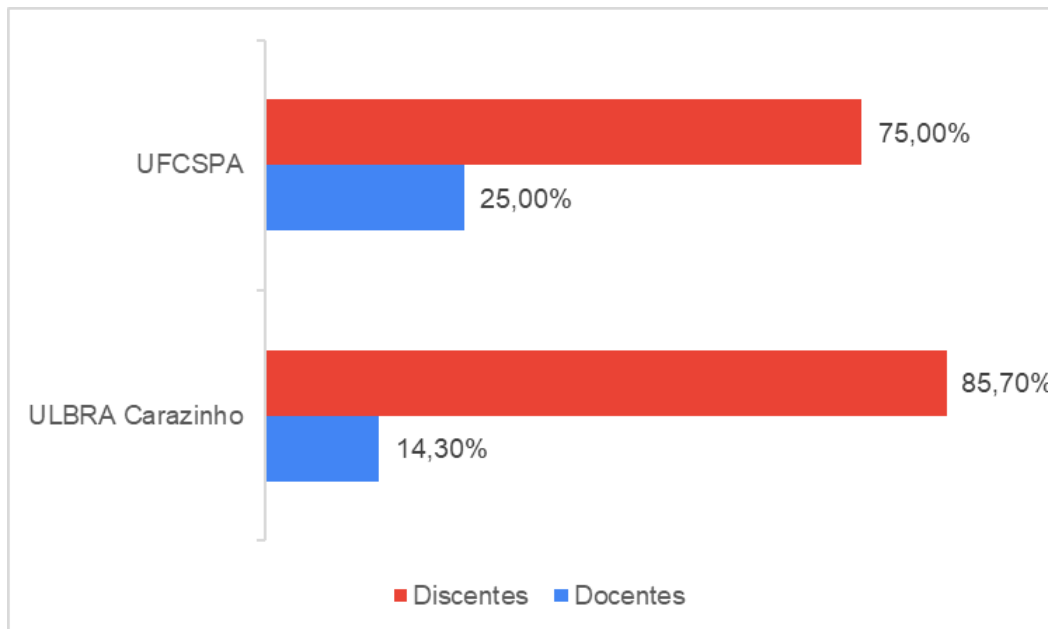
## 6.2. Avaliação sobre usabilidade do Identificador Bacteriano

O procedimento de avaliação de usabilidade envolveu o envio de convites de participação do estudo para os endereços de e-mail das coordenações das IES, solicitando o encaminhamento da mensagem para docentes e discentes de interesse. Com o intuito de ampliar o número de participantes respondentes, os e-mails foram enviados às coordenações diversas vezes, em momentos distintos, solicitando o encaminhamento do convite aos docentes e discentes. Apesar da ação, 20,8% (n=15) dos participantes participaram efetivamente avaliando o aplicativo. As respostas dos participantes armazenadas na plataforma *Google Forms* foram convertidas em planilha para análise dos resultados e salvo em um dispositivo sob a proteção e responsabilidade da pesquisadora assistente.

Quanto à análise do perfil acadêmico dos participantes, 80,0% (n=12) foram discentes vinculados à disciplina de Microbiologia Clínica/Bacteriologia Clínica e

20,0% (n=3) foram docentes em Microbiologia Clínica/Bacteriologia Clínica. Com relação à IES dos participantes, 46,7% (n=7) pertenciam à ULBRA Carazinho e 53,3% (n=8) pertenciam à UFCSPA. A Figura 19 detalha o perfil acadêmico.

**Figura 19.** Perfil acadêmico dos participantes do estudo.



Fonte: autoras.

O formulário de avaliação de usabilidade apresentava respostas de múltipla escolha, organizadas de acordo com Escala Likert: 1: Discordo totalmente; 2: Discordo; 3: Não concordo nem discordo; 4: Concordo e 5: Concordo totalmente, e foram compostas pelas 10 questões de Escala de Usabilidade do Sistema:

1. Acho que gostaria de utilizar este produto com frequência;
2. Considerei o produto mais complexo do que necessário;
3. Achei o produto fácil de utilizar;
4. Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto;
5. Considerei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas;
6. Achei que este produto tinha muitas inconsistências;
7. Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto;
8. Considerei o produto muito complicado de utilizar;

9. Senti-me muito confiante a utilizar este produto;

10. Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto.

Cada questão se correlaciona a um dos 5 atributos das Heurísticas de Nielsen (1993), onde é possível analisar de modo isolado quais itens manter e quais itens com necessidades de correção: facilidade de aprendizagem (questões 3, 4, 7 e 10), eficiência (questões 5, 6 e 8), facilidade de memorização (questão 2), minimização dos erros (questão 6) e satisfação (questões 1, 4, 9). No presente estudo, os resultados das questões foram agrupados por participante e foi aplicada o cálculo de Escala de Usabilidade do Sistema, representada pelo Quadro 5.

**Quadro 5.** Fórmula de Escala de Usabilidade do Sistema.

$(X-1) + (5-X) + (X-1) + (5-X) + (X-1) + (5-X) + (X-1) + (5-X) + (X-1) + (5-X) =$									
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10

**Legendas:** X= resposta do participante; Q= questão e onde está representado na fórmula.  
Fonte: autoras.

Posteriormente, o resultado da fórmula acima foi multiplicado por 2,5, sendo então obtido o valor de pontuação final. Ao analisar as questões por parte dos participantes, foi possível observar certas similaridades entre as respostas e as pontuações. Dentre os 15 resultados, 13,3% (n=2) tiveram pontuação abaixo do objetivo esperado, de 68 pontos, entretanto, 86,7% (n=13) tiveram pontuação acima do objetivo esperado (>68 pontos), resultando, conseqüentemente, na média final de 82,0 pontos, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado das avaliações por participante e pontuação.

Participante	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Pontuação
1	4	2	4	2	4	2	4	1	5	1	82,5
2	4	2	5	1	4	2	4	1	4	2	82,5
3	5	2	4	1	5	2	4	1	4	2	85,0
4	4	2	5	1	5	2	5	1	5	1	92,5
5	4	2	4	1	4	2	5	1	3	1	82,5
6	5	2	5	2	4	2	2	4	2	2	65,0
7	5	2	5	1	4	2	5	2	4	2	85,0
8	4	1	5	1	5	2	4	1	4	2	87,5
9	3	1	5	1	4	2	3	1	3	1	82,5
10	4	1	5	1	5	1	4	1	4	1	92,5
11	3	1	5	1	5	1	3	1	3	1	85,0
12	4	2	3	2	5	1	4	2	3	2	75,0
13	5	3	4	2	4	1	5	2	3	2	77,5
14	4	4	4	3	4	3	4	2	4	2	65,0
15	4	2	5	1	5	2	5	1	4	1	90,0
<b>Média final de pontuação</b>											<b>82,0</b>

**Legenda:** Q= Questão.

Fonte: autoras.

A análise dos resultados também buscou identificar a pontuação média entre as populações (docentes e discentes). Conforme disposto no Quadro 6, não houve variações significativas das médias obtidas.

**Quadro 6.** Médias de pontuação distribuídos por docentes e discentes.

População	Média pontuação
Docentes	85,8
Discentes	81,0

Fonte: autoras.

Ao compilar os resultados por questão, foi possível observar que não houve linearidade entre as 10 questões; isso se deve pela distribuição das questões, em que questões ímpares apresentam proposta de avaliação positiva, já questões pares apresentam proposta de avaliação negativa. Entretanto, houve linearidade entre questões ímpares e entre questões pares, conforme ilustra a Tabela 2.

**Tabela 2.** Avaliações agrupadas por questões ímpares e por questões pares.

Questões	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
Ímpares	0	2	11	35	27
Pares	35	35	3	2	0
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>14</b>	<b>37</b>	<b>27</b>

Fonte: autoras.

De modo exemplificado, em questões ímpares esperou-se resultados de melhores avaliações, ou seja, mais próximas ou iguais a “Concordo totalmente”, ao contrário de questões pares, onde se esperou avaliações mais próximas ou iguais a “Discordo totalmente”, como detalha a Tabela 3.

**Tabela 3.** Distribuição das avaliações por questão.

Questões	Variáveis	Avaliações	%	n
1	Frequência de uso	Discordo totalmente	0,0	0
		Discordo	0,0	0
		Não concordo nem discordo	13,3	2
		Concordo	60,0	9
		Concordo totalmente	26,7	4
2	Uso complexo	Discordo totalmente	26,7	4
		Discordo	60,0	9
		Não concordo nem discordo	6,7	1
		Concordo	6,7	1
		Concordo totalmente	0,0	0
3	Facilidade de uso	Discordo totalmente	0,0	0
		Discordo	0,0	0
		Não concordo nem discordo	6,7	1
		Concordo	33,3	5
		Concordo totalmente	60,0	9
4	Necessidade de ajuda técnica	Discordo totalmente	66,7	10
		Discordo	26,7	4
		Não concordo nem discordo	6,7	1
		Concordo	0,0	0
		Concordo totalmente	0,0	0
5	Funcionalidades	Discordo totalmente	0,0	0

	integradas	Discordo	0,0	0
		Não concordo nem discordo	0,0	0
		Concordo	53,3	8
		Concordo totalmente	46,7	7
6	Inconsistência	Discordo totalmente	26,7	4
		Discordo	66,7	10
		Não concordo nem discordo	6,7	1
		Concordo	0,0	0
		Concordo totalmente	0,0	0
7	Aprendizado de uso	Discordo totalmente	0,0	0
		Discordo	6,7	1
		Não concordo nem discordo	20,0	3
		Concordo	40,0	6
		Concordo totalmente	33,3	5
8	Uso complicado	Discordo totalmente	66,7	10
		Discordo	26,7	4
		Não concordo nem discordo	0,0	0
		Concordo	6,7	1
		Concordo totalmente	0,0	0
9	Confiança	Discordo totalmente	0,0	0
		Discordo	6,7	1
		Não concordo nem discordo	33,3	5
		Concordo	46,7	7
		Concordo totalmente	13,3	2
10	Necessidade de aprendizado prévio	Discordo totalmente	46,7	7
		Discordo	53,3	8
		Não concordo nem discordo	0,0	0
		Concordo	0,0	0
		Concordo totalmente	0,0	0

---

Fonte: autoras.

Ao explorar as questões ímpares e suas respectivas variáveis, foi possível observar que a questão 1 (frequência de uso do *app*), questão 3 (facilidade de uso do *app*), questão 5 (recursos e funcionalidades bem integradas), questão 7 (aprendizado

rápido de uso) e questão 9 (confiança em utilizar o *app*) receberam, predominantemente, avaliações “Concordo” e “Concordo totalmente”. Entretanto, a questão 1, questão 3, questão 7 e questão 9 também receberam avaliação “Não concordo nem discordo”. Já as questões 7 e 9 receberam avaliação “Discordo”, que será pontuado e analisado como melhoria para trabalhos futuros, visando atualizar e tornar o uso do Identificador Bacteriano de fácil aprendizado e confiante.

Por fim, a questão 2 (*app* complexo), questão 4 (necessidade de ajuda técnica para utilizar o *app*), questão 6 (recursos e/ou informações inconsistentes), questão 8 (*app* complicado de utilizar) e questão 10 (necessidade prévia de aprender a utilizar o *app*) receberam, em sua maioria, avaliações “Discordo” e “Discordo totalmente”. A questão 2, questão 4 e questão 6 também receberam avaliação “Não concordo nem discordo”. No entanto, as questões 2 e 8 também foram avaliadas como “Concordo”, o que divergiu dos resultados esperados. Da mesma forma que as variáveis mencionadas anteriormente (aprendizado de uso e confiança), os trabalhos futuros também irão abordar as variáveis para tornar o Identificador Bacteriano menos complexo e menos complicado.

## 7. DISCUSSÃO

Desde o desenvolvimento do Identificador Bacteriano, em 2019, o processo de atualização e avaliação se fez necessária para acompanhar as necessidades de uso por parte dos usuários – acadêmicos, docentes e profissionais relacionados à área – e acompanhar revisões da literatura sobre a área de bacteriologia clínica. A atualização, que promoveu a inclusão de testes bioquímicos, a inclusão de espécies bacterianas de relevância clínica e a inclusão de um terceiro grupo bacteriano, BNF, visou facilitar a etapa de identificação bacteriana presuntiva, composta, por muitas vezes, por processos manuais a partir de fluxogramas e protocolos.

Ao mesmo tempo a atualização visou tornar a etapa mais assertiva, confiável e ágil, se tornando uma ferramenta auxiliar viável para tomada de decisões, de aprendizado e de consulta, aproximando o usuário de recursos tecnológicos como o *m-Health*. Além disso, a atualização buscou conceber uma interface amigável incorporando recursos que facilitassem o uso e tornassem a ferramenta mais ágil com sugestões de resultados encontradas em literaturas de relevância acadêmica. Exemplos desses recursos incluem a opção de selecionar o mesmo resultado para toda a lista de testes bioquímicos e a capacidade de retornar à tela de testes para alterar apenas um resultado de interesse, mantendo os demais já selecionados salvos.

Acerca da etapa de teste de identificação bacteriana presuntiva, como o próprio nome menciona, trata-se de testes com resultados de presunção, visto que mesmas espécies bacterianas podem apresentar resultados variados para o mesmo conjunto de testes bioquímicos utilizados. Essa variação se dá, basicamente, pela capacidade que as bactérias possuem de alterar sua estrutura genômica, que, conseqüentemente, é expresso na presença ou ausência de reação a determinados compostos químicos (PROCOP *et al.*, 2018). Portanto, o Identificador Bacteriano apresenta uma lista de sugestão das prováveis bactérias de acordo com os resultados reportados. Por concordância, quanto maior o número de resultados de testes bioquímicos reportados menor será a lista de sugestão, e o oposto também ocorre: quanto menor o número de resultados de testes, maior será a lista de sugestões. Além da lista de sugestões, o Gram-negativo fermentador apresenta as respectivas

percentagens de positivities, visto que mesmas espécies bacterianas podem apresentar resultados variados para o mesmo conjunto de teste.

A atualização das informações adicionais "Contato" e "Sobre" reforçam a preocupação e seriedade acerca das informações contidas na base do Identificador Bacteriano. Nesses recursos, estão disponíveis os contatos de todos os participantes envolvidos em todas as etapas do estudo, proporcionando aos usuários a oportunidade de esclarecer dúvidas, registrar sugestões e/ou expressar elogios. Essa interação é aberta de comunicação tanto para assuntos relacionados ao suporte tecnológico quanto para questões relacionadas à bacteriologia clínica. Além disso, o recurso de informações adicionais oferece acesso as fontes utilizadas para atualizar o *app*. Nesse recurso, os usuários podem encontrar referências precisas e confiáveis que embasam o conteúdo disponibilizado. Essa abordagem visa garantir a transparência e a integridade do estudo, fornecendo aos usuários a oportunidade de se aprofundar nas fontes de informação utilizadas. O recurso "Sobre" também apresenta o objetivo de uso do *app* e as formas de licenciamento para uso e divulgação. Isso permite aos usuários compreenderem a finalidade do aplicativo, suas limitações e os termos de uso associados. Essa clareza é fundamental para promover uma utilização adequada.

Ressalta-se também que o uso do *app* não está limitado a quantidades de acessos, assim como não solicita informações pessoais e não solicita acesso a demais recursos do dispositivo, como GPS e câmera. O desenvolvimento e atualização do Identificador Bacteriano visa, exclusivamente, como ferramenta auxiliar para tomada de decisões durante processo de identificação presuntiva, contribuindo para disseminação de informações robustas de modo didático, ágil e prático através do uso de dispositivos móveis mundialmente populares, os *smartphones* e os *tablets*.

Em suma, a inclusão de tecnologias móveis acessíveis para aprendizado na saúde é fortemente difundida no meio acadêmico mundial como estratégia de ampliar redes e trocas de conhecimentos ágeis por um custo financeiro extremamente baixo quando comparado com técnicas de aprendizado tradicional, como livros e folhetos (DEWI; DJAMIL; ANWAR, 2019).

Quanto à divulgação do Identificador Bacteriano em plataformas digitais como *Google Play Store* (para sistema operacional Android) e *Apple App Store* (para

sistema operacional iOS) propôs ampliar a quantidade de usuários de interesse, visto que, em abril de 2023, aproximadamente 67,8% da população mundial utilizaram dispositivos móveis com sistema operacional Android e aproximadamente 31,5% utilizaram dispositivos móveis com sistema operacional iOS (STATCOUNTER, 2023, Worldwide). Já no Brasil, no mesmo período, ocorreu a mesma concordância: aproximadamente 78,8% utilizaram sistema Android e aproximadamente 20,9% utilizaram sistema iOS (STATCOUNTER, 2023, Brazil). Ao analisar sobre publicações de *apps* de bacteriologia clínica nas principais plataformas digitais, é possível encontrar uma variedade de *apps* para diferentes finalidades – jogos interativos, textos e figuras teóricas, testes de identificação presuntiva e TSA –. Ao mesmo tempo, também é possível observar que existe uma lacuna de publicações científicas relacionados ao uso de *m-Health* na área de bacteriologia clínica, sobretudo para uso acadêmico e/ou profissional.

Diante da expansão de recursos tecnológicos digitais, especialmente no âmbito da saúde pública, observa-se uma crescente preocupação acerca da qualidade do desenvolvimento de *apps* como ferramenta auxiliar. Nesse contexto, escalas de usabilidade são empregadas como uma técnica de avaliar satisfação, eficiência e eficácia de usuários e desenvolvedores em diversas variáveis da construção de *apps* e *sites web*. A Escala de Usabilidade do Sistema é um notório exemplo de escalas desenvolvidas para a avaliação de usuários (HYZY *et al.*, 2022; ZHOU *et al.*, 2019).

Um bom conjunto de avaliações é composto por um número expressivo de participantes. Ao trazer para a realidade do presente estudo, apenas 20,8% (n=15) da população estimada realizaram o *download* do *app* para testes e preencheram o formulário de avaliação de usabilidade, apesar das inúmeras ações de engajamento para participação. A avaliação da população respondente resultou na média final de 82,0 pontos na Escala de Usabilidade do Sistema, considerado uma boa pontuação por estar relativamente acima da média desejada de 68 pontos. Com relação ao grupo de docentes e discentes, houve uma diferença de apenas 4,8 pontos entre as médias de pontuação (docentes 85,8 pontos e discentes 81,0 pontos).

Em um contexto geral as 10 questões de usabilidade apresentaram boas médias de avaliações. Questões ímpares obtiveram predomínio de resultados “Concordo” e “Concordo totalmente” para as variáveis frequência, facilidade,

funcionalidade, aprendizado e confiança. Enquanto questões pares apresentaram predomínio de resultados “Discordo” e “Discordo totalmente” para as variáveis complexo, necessidade de ajuda, inconsistência, complicado e necessidade de aprendizado prévio.

As questões 1, 2, 3, 4, 6, 7, e 9 apresentaram resultados “Não concordo nem discordo”, sobretudo para a questão 9 (confiança) que representou 33,3% (n=5) das avaliações. Outro ponto a destacar foram os resultados “Discordo” para as questões ímpares 7 e 9, em 6,7% (n=1) cada.

TICs e as preferências dos usuários estão em constante mudança, e os *apps* precisam acompanhar esse ritmo para se manterem relevantes. Além disso, novas funcionalidades e melhorias podem surgir ao longo do tempo, oferecendo uma oportunidade de aprimorar a experiência do usuário e agregar valor ao Identificador Bacteriano, sobretudo para melhorar os resultados das avaliações das variáveis aprendizado de uso (questão 7) e confiança (questão 9). Através da ação de trabalhos futuros é possível manter o *app* atualizado com as últimas tecnologias e recursos de *design*, garantindo uma aparência robusta, atrativa e ágil. Também permite identificar e corrigir eventuais erros ou problemas de desempenho que possam surgir, assim como atualizar informações de referenciais bibliográficos.

## 8. CONCLUSÃO

Tecnologias digitais, em específico os dispositivos móveis, viabilizam o acesso a ferramentas de *m-Learning* e *m-Health*. A inclusão desses dispositivos no meio acadêmico e profissional contribui para melhor aprendizado e comunicação, uma vez que torna possível encontros síncronos e assíncronos entre equipes e auxilia como ferramenta para tomada de decisões e processos. Ao comparar a vivência do uso de *m-Health*, como *apps*, na área da saúde e educação superior, os resultados apresentam a mesma similaridade: boa aceitação dos usuários e boas perspectivas de uso. Contudo, ressalta-se a importância do uso de *apps* desenvolvidos com informações confiáveis.

A atualização do *app* Identificador Bacteriano objetivou incluir testes bioquímicos, espécies bacteriana e bactérias pertencentes ao grupo BNF. Além disso, visou ampliar o alcance de uso por parte dos usuários de interesse ao disponibilizar nas plataformas digitais *Google Play Store* e *Apple App Store*. Tais ações buscaram atender discentes, docentes e até mesmo profissionais da área de bacteriologia clínica no que tange ao processo de identificação bacteriana presuntiva, processo que na maioria dos laboratórios clínicos e laboratórios escola ocorrem de modo manual, que por consequência pode provocar o aumento de erros operacionais e aumento de tempo no processo de identificação presuntiva.

O processo de atualização do *app* ocorreu de acordo com as etapas apresentadas, entretanto, a etapa de avaliação de usabilidade enfrentou desafios significativos para obter um número maior de participantes. Por ora, os resultados de avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano revelaram uma média de 82,0 pontos na Escala de Usabilidade do Sistema. Isso indica que o Identificador Bacteriano atendeu às expectativas dos participantes do estudo em relação à usabilidade, eficiência e eficácia. Essa pontuação positiva é um indicativo de que o *app* possui uma interface intuitiva, funcionalidades relevantes e uma experiência geral satisfatória. É importante ressaltar que a avaliação de usabilidade é um processo contínuo e há sempre espaço para melhorias. Com base nos resultados obtidos, é possível identificar algumas variáveis que podem ser aprimoradas, como confiança, aprendizado de uso, menos complexo e menos complicado.

Assim como todo *app* educacional e de relevância clínica, o Identificador Bacteriano também passará por constantes atualizações buscando apresentar novos processos, grupos bacterianos e testes bioquímicos devidamente validados por órgãos regulatórios da área. Além disso, sugere-se como trabalhos futuros a inclusão de recurso de TSA e textos teóricos sobre bacteriologia clínica, do conhecimento básico ao clínico (avançado). Esses textos podem fornecer aos usuários informações adicionais sobre os fundamentos da bacteriologia, permitindo um maior entendimento do assunto. Essa ampliação do conteúdo teórico não apenas agregaria valor educacional ao sistema, mas também ajudaria os usuários a obter um conhecimento mais aprofundado sobre as bactérias, suas características e patogenicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA BRASIL. **Uso inadequado de antibióticos aumenta resistência de bactérias: Prática pode levar ao agravamento de doenças, alerta OMS**. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2019-11/uso-inadequado-de-antibioticos-aumenta-resistencia-de-bacterias>>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- AJAYI, A.; AYO, C. K.; OLAMIDE, O. Mobile learning and accounting students' readiness in tertiary and professional institutions in Nigeria. **Cogent Arts & Humanities**, v. 6, n. 1, p. 1676570, 1 jan. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/23311983.2019.1676570>. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311983.2019.1676570?needAccess=true>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- AZIZI, S. M.; KHATONY, A. Investigating factors affecting on medical sciences students' intention to adopt mobile learning. **BMC Medical Education**, v. 19, n. 1, 21 out. 2019.
- BAGHCHEGHI, N. *et al.* Factors affecting mobile learning adoption in healthcare professional students based on technology acceptance model. **Acta Facultatis Medicinae Naissensis**, v. 37, n. 2, p. 191-200, 2020. Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES). <http://dx.doi.org/10.5937/afmnai2002191b>. Disponível em: <[https://publisher.medfak.ni.ac.rs/AFMN\\_1/2020/2-2020/full%20text/9Factors%20Affecting%20Nayreh%20Bag.pdf](https://publisher.medfak.ni.ac.rs/AFMN_1/2020/2-2020/full%20text/9Factors%20Affecting%20Nayreh%20Bag.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- BARCELLINI, L. *et al.* App-based symptoms screening with xpert mtb/rif ultra assay used for active tuberculosis detection in migrants at point of arrivals in Italy: the e-detect tb intervention analysis. **Plos One**, v. 14, n. 7, p. 1-14, 1 jul. 2019. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0218039>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6602175/pdf/pone.0218039.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- BARNES, L. *et al.* Smartphone-based pathogen diagnosis in urinary sepsis patients. **Ebiomedicine**, v. 36, p. 73-82, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2018.09.001>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6197494/pdf/main.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2021.
- BASSETTI, M. *et al.* Treatment of Infections Due to MDR Gram-Negative Bacteria. **Frontiers in Medicine**, v. 6, 16 abr. 2019.
- CALDAS, M. M. *et al.* Aplicativo móvel para prevenção de erros de medicação: PREVMED. **Ciencia y enfermería**, Florianópolis, v. 26, n. 4, p. 1-9, mar./2020. Disponível em: <<https://www.scielo.cl/pdf/cienf/v26/0717-9553-cienf-26-4.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- CAVUS, N. *et al.* Perceptions of Foreign Language Teachers for M-Learning. **International Journal of Emerging Technologies In Learning (Ijet)**, v. 15, n. 23, p. 95-106, 11 dez. 2020. International Association of Online Engineering (IAOE). <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v15i23.18799>. Disponível em: <<https://www.online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/18799/8331>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- CHASE, T. J. G. *et al.* Mobile learning in medicine: an evaluation of attitudes and behaviours of medical students. **Bmc Medical Education**, v. 18, n. 1, p. 1-8, 27 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-018-1264-5>. Disponível em:

<<https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12909-018-1264-5.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

CHUMBITA, M. *et al.* New treatments for multidrug-resistant non-fermenting Gram-negative bacilli Infections. **Revista Española de Quimioterapia**, v. 35, n. Suppl3, p. 51–53, 24 out. 2022.

DEWI, M. M.; DJAMIL, M.; ANWAR, M. C. Education M-Health Android-based Smartphone Media Application “Mama ASIX” for Third Trimester Pregnant Women as Preparation for Exclusive Breastfeeding. **Journal of Health Promotion and Behavior**, v. 4, n. 2, p. 98–109, 2019.

DUARTE, E. N.; FEITOZA, R. A. d. B.; LIMA, A. R. P. d. Tendências inovadoras da gestão da informação e do conhecimento na produção científica da Ciência da Informação. **P2P e Inovação**, v. 7, n. 1, p. 166-185, 19 set. 2020. P2P & INOVACAO. <http://dx.doi.org/10.21721/p2p.2020v7n1.p166-185>. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/p2p/article/view/5404/5044>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

FARMER, J. J. *et al.* Biochemical identification of new species and biogroups of Enterobacteriaceae isolated from clinical specimens. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 21, n. 1, p. 46–76, 1985.

FERNÁNDEZ-LAO, C. *et al.* The effectiveness of a mobile application for the development of palpation and ultrasound imaging skills to supplement the traditional learning of physiotherapy students. **Bmc Medical Education**, v. 16, n. 1, p. 1-7, 19 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12909-016-0775-1>. Disponível em: <<https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12909-016-0775-1.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2021.

Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). **Detecção de bactérias resistentes a antibióticos triplicou na pandemia**. 2021. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/deteccao-de-bacterias-resistentes-antibioticos-triplicou-na-pandemia>. Acesso em: 10 dez. 2022.

FLOREN, L. C. *et al.* a mobile learning module to support interprofessional knowledge construction in the health professions. **American Journal of Pharmaceutical Education**, v. 84, n. 2, p. 847519, 12 dez. 2019. American Journal of Pharmaceutical Education. <http://dx.doi.org/10.5688/ajpe847519>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7092784/pdf/ajpe847519.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

GUINIBERT, M. Learn from your environment: a visual literacy learning model. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 36, n. 4, p. 173-188, 28 set. 2020. Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education. <http://dx.doi.org/10.14742/ajet.5200>. Disponível em: <<https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/5200/1664>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

HELOU, R. I. *et al.* Use of stewardship smartphone applications by physicians and prescribing of antimicrobials in hospitals: a systematic review. **Plos One**, v. 15, n. 9, p. 1-14, 29 set. 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0239751>. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0239751&type=printable>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

HYZY, M. *et al.* System Usability Scale Benchmarking for Digital Health Apps: Meta-analysis. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 10, n. 8, p. e37290, 18 ago. 2022. INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE

KAPOOR, G.; SAIGAL, S.; ELONGAVAN, A. Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. **Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology**, v. 33, n. 3, p. 300, 2017.

KARAMAN, R.; JUBEH, B.; BREIJYEH, Z. Resistance of Gram-Positive Bacteria to Current Antibacterial Agents and Overcoming Approaches. **Molecules**, v. 25, n. 12, p. 2888, 23 jun. 2020.

LEO, S. *et al.* Mini Review: Clinical Routine Microbiology in the Era of Automation and Digital Health. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 10, 30 nov. 2020.

LIMA, J. d. S. B.; VICENTE, K. B. As vantagens do uso das TICS como apoio complementar da metodologia do docente no ambiente acadêmico. **Revista Multidebates**. Palmas, v. 3, n. 1, p. 36-46, jun./2019. Disponível em: <<http://revista.faculdadeitop.edu.br/index.php/revista/article/view/135/133>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

MARTINS, A. I. *et al.* European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS). **Procedia Computer Science**, v. 67, p. 293–300, 2015.

MITAL', D. *et al.* Implementation of industry 4.0 using e-learning and m-learning approaches in technically-oriented education. **Tem Journal**, p. 368-375, 27 fev. 2021. Association for Information Communication Technology Education and Science (UIKTEN). <http://dx.doi.org/10.18421/tem101-46>. Disponível em: <<https://www.cceol.com/search/article-detail?id=935925>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. New Jersey: Academic Press. 1993.

NORI, P. *et al.* Developing Interactive Antimicrobial Stewardship and Infection Prevention Curricula for Diverse Learners: a tailored approach. **Open Forum Infectious Diseases**, v. 4, n. 3, p. 1-7, 2017. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ofid/ofx117>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5522578/pdf/ofx117.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

OPLUSTIL, C. P. *et al.* **Procedimentos Básicos em Microbiologia Clínica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2020.

PADRINI-ANDRADE, L. *et al.* Evaluation of usability of a neonatal health information system according to the user's perception. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 1, p. 90–96, jan. 2019.

PFEIFFER, B. F.; MATTOS, C. M. W. D; LOPES, L. A. Desenvolvimento e validação de um aplicativo móvel para identificação de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 52, n. 4, 2020.

PROCOP, G. W. *et al.* **Diagnóstico Microbiológico: texto e atlas**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE SEPSE – ILAS. SEPSE. **O que é Sepse**. Disponível em: <<https://ilas.org.br/o-que-e-sepse.php>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

SOUSA, C. S.; TURRINI, R. N. T. Desenvolvimento de aplicativo de celular educativo para pacientes submetidos à cirurgia ortognática. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 27, 2019.

STATCOUNTER. **Mobile & Tablet Operating System Market Share Brazil**. Disponível em: <<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/brazil/#monthly-202304-202304-bar>>. Acesso em: 29 maio. 2023.

STATCOUNTER. **Mobile & Tablet Operating System Market Share Worldwide**. Disponível em: <<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile-tablet/worldwide/#monthly-202304-202304-bar>>. Acesso em: 29 maio. 2023.

SUNER, A.; YILMAZ, Y.; PIŞKIN, B. Mobile learning in dentistry: usage habits, attitudes and perceptions of undergraduate students. **PeerJ**, p. 1-17, 29 jul. 2019. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.7391>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6673424/pdf/peerj-07-7391.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

THIAGRAJ, M.; KARIM, A. M. A.; VELOO, A. Using reflective practices to explore postgraduate students self-directed learning readiness in mobile learning platform and task-centered activity. **Journal Of Distance Education**, p. 22, n. 2, p. 192-205, abr. 2021. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1290818.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2021.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Artmed, 2017.

TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 6. ed. São Paulo: Atheneu, 2015.

ZHOU, L. *et al.* The mHealth App Usability Questionnaire (MAUQ): Development and Validation Study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 7, n. 4, p. e11500, 11 abr. 2019.

YANG, W.; HUANG, H. Analysis of the influence of biochemical indexes of athletes under training based on the internet of things and cloud computing. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 27, n. 2, p. 27-30, jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). [http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127022021\\_0029](http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202127022021_0029). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbme/a/S4CsTZxcVdyPKScc5VHprKP/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

## APÊNDICES

### Apêndice A – Convite para participação de pesquisa

#### CONVITE

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano”, estudo desenvolvido pelas pesquisadoras Ana Beatriz Gorini da Veiga e Bruna Ferreira Pfeiffer, pertencentes ao PPG-Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA). A aplicação de formulários compõe a quarta etapa do estudo – etapa de avaliação – do Identificador Bacteriano, aplicativo desenvolvido como ferramenta de aprendizado digital em microbiologia clínica/bacteriologia clínica. O convite é destinado a docente(s) da disciplina de microbiologia clínica/bacteriologia clínica e discentes que cursam ou cursaram a disciplina de microbiologia clínica/bacteriologia clínica.

O Identificador Bacteriano está disponível para download e testes através dos links [https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.brunapfeiffer.identificador\\_bacteriano](https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.brunapfeiffer.identificador_bacteriano) (Google Play) e <https://apps.apple.com/br/app/identificador-bacteriano/id1668358630> (App Store).

A participação da pesquisa se dará mediante ao aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no link abaixo. Caso necessite de maiores informações e esclarecimentos sobre o estudo, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável através do e-mail [anabgv@ufcspa.edu.br](mailto:anabgv@ufcspa.edu.br) ou com a pesquisadora assistente através do e-mail [bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br](mailto:bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br), também sendo possível contato presencial através do endereço Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA, Departamento de Ciências Básicas da Saúde, Prédio 1, Sala 309. Rua Sarmento Leite, número 245, bairro Centro Histórico, Porto Alegre, CEP 90050-170, Rio Grande do Sul, Brasil.

Link para acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano: <https://forms.gle/RnXtmLyQksGJcHs47>



## Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano

Título: Atualização e avaliação de um aplicativo móvel de bacteriologia clínica como ferramenta de aprendizado digital na saúde

Pesquisadoras: Ana Beatriz Gorini da Veiga e Bruna Ferreira Pfeiffer

Após download e testes do aplicativo intitulado Identificador Bacteriano, disponível nas plataformas digitais Google Play e App Store, você está sendo convidado(a) a participar da

pesquisa “Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano”, estudo desenvolvido pelas pesquisadoras acima citadas, do PPG-Tecnologias da Informação e Gestão em Saúde da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA).

A participação se dará mediante leitura e aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Abaixo seguem os esclarecimentos sobre o estudo e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido:

1. A infecção bacteriana é a principal causa de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (IRAS) e mais de 700 mil pessoas morrem por ano em decorrência de bactérias multirresistentes. Além disso, o uso indevido de antimicrobianos contribui para o aumento das resistências medicamentosas e aumento de doenças secundárias, como hepatite medicamentosa, insuficiência renal e septicemia. Diante do cenário mundial de infecções bacterianas e alta complexidade didática em microbiologia clínica, em específico na bacteriologia clínica, é necessário investir em soluções digitais, como *mobile learning*, para auxiliar na didática e prática de acadêmicos e profissionais. O estudo tem por objetivo principal atualizar um aplicativo móvel de bacteriologia clínica através do desenvolvimento, implementação e avaliação de novas funcionalidades. Para isso, foi escolhida a metodologia Design Instrucional Sistemático (DIS) e apresenta 4 etapas – análise, *design* e desenvolvimento, implementação e avaliação. A quarta etapa tem por

finalidade avaliar a usabilidade do Identificador Bacteriano sob a perspectiva dos usuários através da aplicação de formulários. Por se tratar de um aplicativo de ensino, a inclusão de dois grupos no estudo – docentes em microbiologia clínica/bacteriologia clínica e discentes que cursam ou cursaram a disciplina de microbiologia clínica/bacteriologia clínica – se faz necessária para compreender a satisfação e aceitação do público que ensina e do público que obtém o aprendizado, portanto, será necessário que você se identifique com um destes grupos. Cabe esclarecer que esse estudo não tem finalidade de realizar diagnóstico individual, apenas um levantamento coletivo e não haverá nenhum custo financeiro.

2. O convite para participar do preenchimento do formulário foi realizado pelas pesquisadoras do estudo através de meios digitais, como e-mail, WhatsApp, LinkedIn, Telegram, Facebook e Instagram. O convite foi enviado individualmente, por lista oculta de destinatários ou a partir do e-mail da coordenação do curso.

3. Após o período de coleta de dados, o formulário que preenchi será retirado da plataforma online e será transferido para meio digital físico – *pen drive* – de uso exclusivo de uma das pesquisadoras. Todas as respostas que inseri serão mantidas em sigilo, assegurando, assim, minha privacidade.

4. Se eu quiser conhecer os resultados do estudo que respondi, poderei solicitar a pesquisadora responsável através do e-mail [anabgv@ufcspa.edu.br](mailto:anabgv@ufcspa.edu.br) ou a pesquisadora assistente através do e-mail [bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br](mailto:bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br). Caso eu prefira me comunicar por e-mail, deverei identificar o assunto do e-mail como “Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano”. Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos adicionais, poderei entrar em contato com a equipe científica do estudo localizada na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA, Departamento de Ciências Básicas da Saúde, Prédio 1, Sala 309. Rua Sarmento Leite, número 245, bairro Centro Histórico, Porto Alegre, CEP 90050-170, Rio Grande do Sul, Brasil.

5. Minha participação nessa pesquisa será importante para obtenção de informações relevantes que poderão auxiliar no processo de avaliação do aplicativo para que posteriormente seja disponibilizado definitivamente em plataformas digitais – App Store e Google Play – como ferramenta digital de aprendizado para indivíduos da área de microbiologia clínica - bacteriologia clínica -.

6. Ao participar da pesquisa, irei responder a 2 perguntas objetivas de identificação de grupo e 10 perguntas objetivas de usabilidade do aplicativo. O tempo de preenchimento aproximado é de 3 minutos e reservo-me ao direito de não responder a alguma pergunta, mesmo ciente que a ausência de alguma resposta impossibilitará minha participação nessa etapa do estudo, o que impactará na análise estatística e obtenção dos resultados.

7. Toda pesquisa pode oferecer desconfortos mínimos como sentimento de arrependimento ou constrangimento e, em caso de eventuais danos decorrentes da minha participação, as pesquisadoras farão jus a reparação necessária. Poderei ainda recusar-me a participar ou mesmo retirar o meu consentimento em qualquer momento da

realização dessa pesquisa, sem nenhum prejuízo e sem nenhuma justificativa.

8. A participação ao preencher a pesquisa poderá gerar possíveis riscos, como vazamento ou bloqueio de informações por parte da plataforma do formulário digital, vazamento ou bloqueio de informações por parte do dispositivo do(a) participante ou por parte do dispositivo da pesquisadora – ataque hacker ou ação de malware – ou perda de informações devido a pane ou quebra do pen drive da pesquisadora. As pesquisadoras se comprometem em prevenir e minimizar possíveis riscos, como aplicar formulários gerados em plataforma confiável e que possui segurança contra invasões digitais – Google –, o formulário não possui link que direcione para outros sites, não solicitará para efetuar downloads e não solicitará nenhum dado que comprometa com a privacidade e integridade do(a) participante – nome completo, CPF, data de nascimento, RG, dados de cartão de crédito/débito, entre outros. Além disso, o pen drive utilizado para posterior armazenamento de dados possui configuração contra ataque malware e será guardado em local seguro e conexão restrita a um computador, quando necessário.

9. Em caso de dano ou risco decorrente da pesquisa deverei entrar em contato com as pesquisadoras para comunicar o ocorrido e solicitar ressarcimento ou indenização. As pesquisadoras garantem o devido ressarcimento ou indenização e será aplicado conforme minha escolha, optando por assistência técnica ou recebimento do valor correspondente, quando o caso.

10. Para notificação de qualquer situação relacionada com a ética que não puder ser resolvida pelas pesquisadoras deverei entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre pelo telefone (0xx51) 3303-8804.

11. O preenchimento do formulário referente à quarta etapa do estudo será realizado online e, por esse motivo, minha participação estará condicionada ao aceite do convite assinalando a opção **"Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar, como voluntário(a), do estudo "Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano"**.

**O PRESENTE DOCUMENTO APRESENTA DUAS VIAS: UMA DESTINADA AS PESQUISADORAS E OUTRA DESTINADA AO PARTICIPANTE. DESTACA-SE A IMPORTÂNCIA DE DEIXAR REGISTRADO UM E-MAIL VÁLIDO PARA O RECEBIMENTO DA VIA DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) E DO FORMULÁRIO DE PESQUISA, ASSIM COMO DESTACA-SE A IMPORTÂNCIA DE GUARDAR EM SEUS ARQUIVOS A SUA VIA.**

[Faça login no Google](#) para salvar o que você já preencheu. [Saiba mais](#)

\* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail \*

\* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail \*

Seu e-mail

Ana Beatriz Gorini da Veiga



Bruna Ferreira Pfeiffer



Diante dos esclarecimentos prestados, concordo em participar, como voluntário(a), da pesquisa "Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano" \*

Concordo

Próxima



Página 1 de 2

Limpar formulário

Este formulário foi criado em UFCSPA. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



## Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano

Faça login no Google para salvar o que você já preencheu. [Saiba mais](#)

\* Indica uma pergunta obrigatória

### AValiação de Usabilidade do Identificador Bacteriano

Após leitura e aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o formulário compõe 2 questões de identificação de grupo e 10 questões de avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano. Desejamos reforçar alguns itens já destacados no TCLE:

1. Você está participando como voluntário(a) e pode desistir da participação a qualquer momento sem justificativas.
2. O formulário possui tempo aproximado de 3 minutos de preenchimento.
3. Em caso de maiores informações e esclarecimentos, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável pelo e-mail [anabgv@ufcspa.edu.br](mailto:anabgv@ufcspa.edu.br) ou com a pesquisadora assistente pelo e-mail [bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br](mailto:bruna.pfeiffer@ufcspa.edu.br), sendo possível também o contato presencial no endereço Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA, Departamento de Ciências Básicas da Saúde, Prédio 1, Sala 309. Rua Sarmento Leite, número 245, bairro Centro Histórico, Porto Alegre, CEP 90050-170, Rio Grande do Sul, Brasil.

Solicitamos que verifique se respondeu todas as questões que deseja antes de realizar o envio do formulário.

Agradecemos sua participação!

Você é: \*

- Docente em Microbiologia Clínica/Bacteriologia Clínica
- Discente que cursa ou cursou a disciplina de Microbiologia Clínica/Bacteriologia Clínica

Pertence a qual curso de graduação e Instituição de Ensino Superior (IES)? \*

- Biomedicina da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)
- Biomedicina da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) Carazinho

1 - Acho que gostaria de utilizar este produto com frequência \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

2 - Considerei o produto mais complexo do que necessário \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

3 - Achei o produto fácil de utilizar \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

4 - Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

5 - Considerei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

6 - Achei que este produto tinha muitas inconsistências \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

7 - Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

8 - Considerei o produto muito complicado de utilizar \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

Concordo totalmente

9 - Senti-me muito confiante a utilizar este produto \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

10 - Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto \*

- Discordo totalmente
- Discordo
- Não concordo nem discordo
- Concordo
- Concordo totalmente

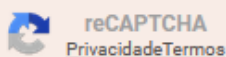
Uma cópia das suas respostas será enviada para o endereço de e-mail fornecido

[Voltar](#)

[Enviar](#)

Página 2 de 2

[Limpar formulário](#)



Este formulário foi criado em UFCSPA. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários



## Avaliação de usabilidade do Identificador Bacteriano

Sua resposta foi registrada.

Agradecemos sua participação!

[Edite a sua resposta](#)

[Enviar outra resposta](#)

Este formulário foi criado em UFCSPA. [Denunciar abuso](#)

Google Formulários

## ANEXOS

### Anexo A – IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics

[Browse Journals & Magazines](#) > [IEEE Journal of Biomedical and...](#)

#### IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics



Submit  
Manuscript



Add Title  
To My Alerts



Add to  
My Favorites



Home

Popular

Early Access

Current Issue

All Issues

About Journal

### Aims & Scope

*IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* publishes original papers describing recent advances in the field of biomedical and health informatics where information and communication technologies intersect with health, healthcare, life sciences and biomedicine. Papers must contain original content in theoretical analysis, methods, technical development, and/or novel clinical applications of information systems. Topics covered by J-BHI include but are not limited to: acquisition, transmission, storage, retrieval, management, processing and analysis of biomedical and health information; applications of information and communication technologies in the practice of healthcare, public health, patient monitoring, preventive care, early diagnosis of diseases, discovery of new therapies, and patient specific treatment protocols leading to improved outcomes; and the integration of electronic medical and health records, methods of longitudinal data analysis, data mining and discovery tools. Manuscripts may deal with these applications and their integration, such as clinical information systems, decision support systems, medical and biological imaging informatics, wearable systems, body area/sensor networks, informatics in biological and physiological systems, personalized and pervasive health technologies (u-, p-, m- and e-Health), telemedicine, home healthcare and wellness management. Topics related to integration include interoperability, protocol-based patient care, evidence-based medicine, and methods of secure patient data.

Indexed in Pubmed® and Medline®, products of the United States National Laboratory of Medicine



*The articles in this journal are peer reviewed in accordance with the requirements set forth in the [IEEE PSPB Operations Manual](#) (sections 8.2.1.C & 8.2.2.A). Each published article was reviewed by a minimum of two independent reviewers using a single-blind peer review process, where the identities of the reviewers are not known to the authors, but the reviewers know the identities of the authors. Articles will be screened for plagiarism before acceptance.*

*Corresponding authors from low-income countries are eligible for [waived or reduced open access APCs](#).*

## **The IEEE Article Submission Process**

After you have written your article and prepared your graphics, you can submit your article for review. Follow these steps to complete the IEEE Article Submission Process.

### **Select Your Target Journal**

An article may be rejected before peer review if it is outside the scope of the journal. Pick the right journal with these tips:

- Get customized recommendations for your article from the [IEEE Publication Recommender](#) tool.
- Conduct a keyword search on [IEEE Xplore® Digital Library](#) for a list of publications with similar content.
- Check your reference list for related journals.
- Ask for suggestions from colleagues and co-authors in your field.

- Read the Aims & Scope of your potential target publications to ensure your article is a good fit. Aims & Scope can be found in the About tab of the journal homepage on IEEE *Xplore*.
- Keep in mind that some publications only accept certain types of articles. Letters publications will accept brief articles, while Transactions or Journal publications will accept full-length articles.

You can only submit your article to [one publication at a time](#).

### **Follow All Submission Guidelines**

All IEEE journals provide submission guidelines in an “Information for Authors” section, published in the journal or on a society’s website.

To find the guidelines for your target journal:

- Find the journal’s home page on IEEE *Xplore*.
- Click on the About Journal tab.
- Click on Publication Details.

Not following guidelines can result in delayed processing of your submission, rejection without review, or errors in your published article.

### **Submit Your Article**

After checking that your article complies with the target journal’s submission guidelines, you are ready to submit. Click the Submit Your Manuscript button on the journal’s home page on IEEE *Xplore*. You will be taken to the journal’s online submission system, which will walk you through the submission process.

# Preparation of Articles for IEEE TRANSACTIONS and JOURNALS (2022)

First A. Author, *Fellow, IEEE*, Second B. Author, and Third C. Author Jr., *Member, IEEE*

**Abstract**—This document provides a guide for preparing articles for IEEE Transactions, Journals, and Letters. Use this document as a template if you are using Microsoft Word. Otherwise, use this as an instruction set. The electronic file of your article will be formatted further at IEEE. Titles should be written in uppercase and lowercase letters, not all uppercase. Avoid writing long formulas with subscripts in the title; short formulas that identify the elements are fine (e.g., “Nd–Fe–B”). Do not write “(Invited)” in the title. Full names of authors are preferred in the author field but are not required. Put a space between authors’ initials. ORCIDs can be provided here as well. In the title, all variables should appear lightface italic; numbers and units will remain bold. Abstracts must be a single paragraph. In order for an Abstract to be effective when displayed in IEEE Xplore as well as through indexing services such as Compendex, INSPEC, Medline, ProQuest, and Web of Science, it must be an accurate, stand-alone reflection of the contents of the article. They shall not contain displayed mathematical equations, numbered reference citations, nor footnotes. They should include three or four different keywords or phrases, as this will help readers to find it. It is important to avoid over-repetition of such phrases as this can result in a page being rejected by search engines. Ensure that your abstract reads well and is grammatically correct.

**Index Terms**— Enter keywords or phrases in alphabetical order, separated by commas. Using the *IEEE Thesaurus* can help you find the best standardized keywords to fit your article. Use the thesaurus access request form for free access to the *IEEE Thesaurus*.

## I. INTRODUCTION

THIS document is a template for Microsoft Word. If you would prefer to use LaTeX, download IEEE’s LaTeX style and sample files from <https://template-selector.ieee.org/secure/templateSelector/publicationType>. You can also use the Overleaf editor at <https://www.overleaf.com/blog/278-how-to-use-overleaf-with-ieee-collabratec-your-quick-guide-to-getting-started#.Vp6tpPkrKM9>.

This paragraph of the first footnote will contain the date on which you submitted your paper for review, which is populated by IEEE. It is IEEE style to display support information, including sponsor and financial support acknowledgment, here and not in an acknowledgment section at the end of the article. For example, “This work was supported in part by the U.S. Department of Commerce under Grant 123456.” The name of the corresponding author appears after the financial information, e.g. (*Corresponding author: M. Smith*). Here you may also indicate if authors contributed equally or if there are co-first authors.

The next few paragraphs should contain the authors’ current affiliations, including current address and e-mail. For example, First A. Author is with the National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80305 USA (e-mail: author@boulder.nist.gov).

This template is a guide to formatting; your proof and final published version may vary in layout and length to conform to IEEE policy and style. Page count is an estimate; the length of your submitted article in the template may not be the same as when the formal proof is created by IEEE.

The *IEEE Editorial Style Manual for Authors* is available at <https://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/create-your-ieee-journal-article/create-the-text-of-your-article/ieee-editorial-style-manual/>. This contains a formal set of editorial guidelines for IEEE Transactions, Journals, and Letters, including:

- punctuation;
- capitalization;
- abbreviations;
- section headings;
- numbers, equations;
- footnotes;
- biographies;
- some common mistakes;
- units of measurement.

Communicate your work clearly. If you are not fully proficient in English, consider using an English language editing service before submitting your article. An expert editing service can help you refine the use of English in your article, so you can communicate your work more effectively.

The use of an editing service is paid for by the author. It does not guarantee acceptance in an IEEE publication. For more information, visit the IEEE Author Center at <https://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/create-your-ieee-journal-article/create-the-text-of-your-article/structure-your-article/#editing-service>.

## II. GUIDELINES FOR MANUSCRIPT PREPARATION

When you open the template, select “Page Layout” from the “View” menu in the menu bar (View | Page Layout), (these

Second B. Author was with Rice University, Houston, TX 77005 USA. He is now with the Department of Physics, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523 USA (e-mail: author@lamar.colostate.edu).

Third C. Author Jr. is with the Electrical Engineering Department, University of Colorado, Boulder, CO 80309 USA, on leave from the National Research Institute for Metals, Tsukuba 305-0047, Japan (e-mail: author@nrim.go.jp).

Mentions of supplemental materials and animal/human rights statements can be included here.

Color versions of one or more of the figures in this article are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>

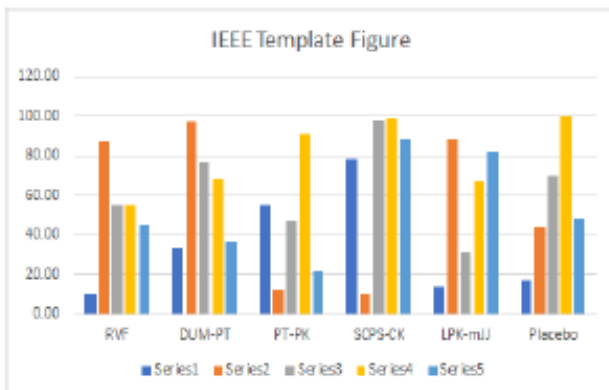


Fig. 1. This is a sample of a figure caption.

instructions assume Microsoft *Word*. Some versions may have alternate ways to access the same functionalities noted here). Then, type over sections of the template or cut and paste from another document and use markup styles. The pull-down style menu is in the Formatting Toolbar at the top of your *Word* window (e.g., the style at this point in the document is “Text”). Highlight a section that you want to designate with a certain style, and then select the appropriate name on the style menu. The style will adjust your fonts and line spacing. Do not change the font sizes or line spacing to squeeze more text into a limited number of pages. Use *italics* for emphasis; do not underline.

IEEE will do the final formatting of your article. If your article is intended for a conference, please observe the conference page limits.

This is intended as an authoring template, not a final production template. It is not intended to match the final published format. Differences in final formatting are likely in the final IEEE files. Page count in the template is an estimate. Do not adjust line and character spacing to fit your paper to a specific length.

#### A. Abbreviations and Acronyms

Define abbreviations and acronyms the first time they are used in the text, even after they have already been defined in the abstract. Abbreviations such as IEEE, SI, ac, and dc do not have to be defined. Abbreviations that incorporate periods should not have spaces: write “C.N.R.S.,” not “C. N. R. S.” Do not use abbreviations in the title unless they are unavoidable (for example, “IEEE” in the title of this article).

### III. MATH

Use either the Microsoft Equation Editor or the MathType plugin, which can be obtained from <https://store.wiris.com/en/products/mathtype/download>. For help with formatting and placing equations, refer to the *IEEE Editing Math Guide* at <http://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/sites/7/Editing-Mathematics.pdf> and the *IEEE MathType Tutorial for Microsoft Word Users* at <http://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/wp-content/uploads/sites/7/IEEE-Math-Typesetting-Guide-for-MS-Word-Users.pdf>.

TABLE I  
THIS IS A SAMPLE OF A TABLE TITLE

Name	#1	#2	#3	#4	#5
RVF	10	87	55	55	45
DUM-PT	33	97	77	68	37
PT-PK	55	12	47	91	22
SCPS-CK	78	10	98	99	88
LPK-mJJ	14	88	31	67	82
Placebo	17	44	70	100	48

#### A. Equations

Number equations consecutively with equation numbers in parentheses flush with the right margin of the column, as in (1). First use the equation editor to create the equation. Then select the “Equation” markup style. Press the tab key and write the equation number in parentheses. To make your equations more compact, you may use the solidus (/), the exp function, or appropriate exponents. Use parentheses to avoid ambiguities in denominators. Punctuate equations when they are part of a sentence, as in

$$B_p + H_2 = 40. \quad (1)$$

Be sure that the symbols in your equation have been defined before the equation appears or immediately following. Italicize symbols ( $T$  might refer to temperature, but  $T$  is the unit tesla). When referring to an equation or formula, use simply “(1),” not “Eq. (1)” or “equation (1),” except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is ...”

#### B. Algorithms

Algorithms should be numbered and include a short title. They are set off from the text with rules above and below the title and after the last line.

Algorithm 1 Weighted Tanimoto ELM.

---

```

TRAIN(XT)
  select randomly  $W \subset X$ 
   $N_t \leftarrow |\{i : t_i = t\}|$  for  $t = -1, +1$ 
   $B_i \leftarrow \sqrt{\text{MAX}(N_{-1}, N_{+1})/N_t}$  for  $i = 1, \dots, N$ 
   $\hat{H} \leftarrow B \cdot (X^T W) / (\|X\| + \|W\| - X^T W)$ 
   $\beta \leftarrow (I/C + \hat{H}^T \hat{H})^{-1} (\hat{H}^T B \cdot T)$ 
  return  $W, \beta$ 

PREDICT(X)
   $H \leftarrow (X^T W) / (\|X\| + \|W\| - X^T W)$ 
  return SIGN( $H\beta$ )

```

---

#### IV. GUIDELINES FOR GRAPHICS PREPARATION AND SUBMISSION

##### A. Types of Graphics

The following list outlines the different types of graphics published in IEEE journals. They are categorized based on their construction, and use of color / shades of gray:

- 1) **Color/Grayscale Figures**  
Figures that are meant to appear in color, or shades of black/gray. Such figures may include photographs, illustrations, multicolor graphs, and flowcharts.
- 2) **Line Art Figures**  
Figures that are composed of only black lines and shapes. These figures should have no shades or half-tones of gray, only black and white.
- 3) **Tables**  
Data charts which are typically black and white, but sometimes include color.

##### B. Multipart Figures

These are figures compiled of more than one sub-figure presented side-by-side or stacked. If a multipart figure is made up of multiple figure types (one part is line art, and another is grayscale or color), the figure should meet the stricter guidelines.

##### C. File Formats for Graphics

Format and save your graphics using a suitable graphics processing program that will allow you to create the images as PostScript (PS), Encapsulated PostScript (.EPS), Tagged Image File Format (.TIFF), Portable Document Format (.PDF), JPEG, or Portable Network Graphics (.PNG). These programs can resize them and adjust the resolution settings. If you created your source files in one of the following programs you will be able to submit the graphics without converting to a PS, EPS, TIFF, PDF, or PNG file: Microsoft Word, Microsoft PowerPoint, or Microsoft Excel. Though it is not required, it is strongly recommended that these files be saved in PDF format rather than DOC, XLS, or PPT. Doing so will protect your figures from common font and arrow stroke issues that occur when working on the files across multiple platforms. When submitting your final files, your graphics should all be submitted individually in one of these formats along with the manuscript.

##### D. Sizing of Graphics

Most charts, graphs, and tables are one column wide (3.5 inches / 88 mm / 21 picas) or page wide (7.16 inches / 181 millimeters / 43 picas). The maximum depth a graphic can be is 8.5 inches (216 millimeters / 54 picas). When choosing the depth of a graphic, please allow space for a caption. Figures can be sized between column and page widths if the author chooses, however, it is recommended that figures not be sized less than column width unless when necessary.

The final printed size of author photographs is exactly 1 in wide by 1.25 in tall (25.4 mm x 31.75 mm / 6 picas x 7.5

picas). Author photos printed in editorials measure 1.59 in wide by 2 in tall (40 mm x 50 mm / 9.5 picas x 12 picas).

##### E. Resolution

The proper resolution of your figures will depend on the type of figure it is as defined in the "Types of Figures" section. Author photographs, color, and grayscale figures should be at least 300dpi. Line art, including tables should be a minimum of 600dpi.

##### F. Vector Art

In order to preserve the figures' integrity across multiple computer platforms, we accept files in the following formats: .EPS/.PDF/.PS. All fonts must be embedded or text converted to outlines in order to achieve the best-quality results.

##### G. Color Space

The term "color space" refers to the entire sum of colors that can be represented within the said medium. For our purposes, the three main color spaces are grayscale, RGB (red/green/blue), and CMYK (cyan/magenta/yellow/black). RGB is generally used with on-screen graphics, whereas CMYK is used for printing purposes.

All color figures should be generated in RGB or CMYK color space. Grayscale images should be submitted in grayscale color space. Line art may be provided in grayscale OR bitmap colorspace. Note that "bitmap colorspace" and "bitmap file format" are not the same thing. When bitmap color space is selected, .TIF/.TIFF/.PNG are the recommended file formats.

##### H. Accepted Fonts Within Figures

When preparing your graphics, IEEE suggests that you use one of the following Open Type fonts: Times New Roman, Helvetica, Arial, Cambria, or Symbol. If you are supplying EPS, PS, or PDF files, all fonts must be embedded. Some fonts may only be native to your operating system; without the fonts embedded, parts of the graphic may be distorted or missing.

A safe option when finalizing your figures is to strip out the fonts before you save the files, creating "outline" type. This converts fonts to artwork which will appear uniformly on any screen.

##### I. Using Labels Within Figures

###### 1) Figure Axis Labels

- a) Figure axis labels are often a source of confusion. Use words rather than symbols. As an example, write the quantity "Magnetization" or "Magnetization  $M$ ," not just " $M$ ." Put units in parentheses. Do not label axes only with units. For example, write "Magnetization (A/m)" or "Magnetization ( $A \cdot m^{-1}$ )," not just "A/m." Do not label axes with a ratio of quantities and units. For example, write "Temperature (K)," not "Temperature/K."

- b) Multipliers can be especially confusing. Write “Magnetization (kA/m)” or “Magnetization ( $10^3$  A/m).” Do not write “Magnetization (A/m)  $\times$  1000” because the reader would not know whether the top axis label means 16000 A/m or 0.016 A/m. Figure labels should be legible, approximately 8- to 10-point type.
- 2) **Subfigure Labels in Multipart Figures and Tables**  
Multipart figures should be combined and labeled before final submission. Labels should appear centered below each subfigure in 8-point Times New Roman font in the format of (a) (b) (c).

#### J. Referencing a Figure or Table Within Your Article

When referencing your figures and tables within your article, use the abbreviation “Fig.” even at the beginning of a sentence. Do not abbreviate “Table.” Tables should be numbered with Roman numerals.

#### K. Submitting Your Graphics

Because IEEE will do the final formatting of your article, all figures, figure captions, and tables can be placed at the end of your article. However, if you do place your figures within the article, they should be placed at the top of the page, closest to the first mention in the text. Figures should be submitted as individual files, separate from the manuscript in one of the file formats listed above. Place figure captions below the figures; place table headings above the tables. Do not include captions as part of the figures, or put them in “text boxes” linked to the figures. Also, do not place borders around the outside of your figures.

#### L. Color Processing / Printing in IEEE Transactions, Journals, and Letters

All IEEE Transactions, Journals, and Letters allow an author to publish color figures on IEEE *Xplore* at no charge, and automatically convert them to grayscale for print versions. In most journals, figures and tables may alternatively be printed in color if an author chooses to do so. Please note that this service comes at an extra expense to the author. If you intend to have print color graphics, you will have the opportunity to indicate this in the Author Gateway and will be contacted by PubOps to confirm the charges. Online-only journals will have their figures appear in color, free of charge.

### V. SUBMITTING YOUR ARTICLE FOR REVIEW

#### A. Review Stage

Contributions to the Transactions, Journals, and Letters may be submitted electronically on IEEE’s Author Portal. You can get help choosing the correct publication for your manuscript as well as find their peer review site using the tools listed at [http://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/authors/authors\\_submission.html](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/authors/authors_submission.html). Once you have chosen your publication and navigated to the IEEE Author Portal, you

may log in with your IEEE account. If you do not have an account, you will be able to create a new one. After logging in, go to your Author Center and click “Start New Submission.”

Along with other information, you will be asked to select the manuscript type from the journal’s pre-determined list of options. Depending on the journal, there are various steps to the submission process; please make sure to carefully answer all of the submission questions presented to you. At the end of each step you must click “Save and Continue”; just uploading the paper is not sufficient. After the last step, you should see a confirmation that the submission is complete. You should also receive an e-mail confirmation. For inquiries regarding the submission of your paper on IEEE Author Portal, please contact [oprs-support@ieee.org](mailto:oprs-support@ieee.org) or call +1 732 465 5861.

IEEE Author Portal will accept files for review in various formats. There is a “Journal Home” link on the log-in page of each IEEE Author Portal site that will bring you to the journal’s homepage with their detailed requirements; please check these guidelines for your particular journal before you submit.

#### B. Final Stage Using IEEE Author Portal

Upon acceptance, you will receive an email with specific instructions regarding the submission of your final files. Final submissions should include a nicely formatted pdf of the entire article as well as source files of your accepted manuscript, including high quality graphic files. Immediately after you have submitted your final files, you will be automatically redirected to the IEEE electronic copyright form wizard. Please complete the copyright at that time to avoid publication delays. If you have any questions regarding the final submission process, please contact the administrative contact for the journal.

### VI. CONCLUSION

A conclusion section is not required. Although a conclusion may review the main points of the article, do not replicate the abstract as the conclusion. A conclusion might elaborate on the importance of the work or suggest applications and extensions.

#### APPENDIX

Appendixes, if needed, appear before the acknowledgment.

### REFERENCES AND FOOTNOTES

#### A. References

References need not be cited in text. When they are, they appear on the line, in square brackets, inside the punctuation. Multiple references are each numbered with separate brackets. When citing a section in a book, please give the relevant page numbers. In text, refer simply to the reference number. Do not use “Ref.” or “reference” except at the beginning of a sentence: “Reference [3] shows ...” Please do not use automatic endnotes in *Word*, rather, type the reference list at the end of the paper using the “References” style.

Reference numbers are set flush left and form a column of

their own, hanging out beyond the body of the reference. The reference numbers are on the line, enclosed in square brackets. In all references, the given name of the author or editor is abbreviated to the initial only and precedes the last name. Use them all; use *et al.* only if names are not given or if there are more than 6 authors. Do not use commas around Jr., Sr., and III in names. Abbreviate conference titles. When citing IEEE Transactions, provide the issue number, page range, volume number, month if available, and year. When referencing a patent, provide the day and the month of issue, or application. References may not include all information; please obtain and include relevant information. Do not combine references. There must be only one reference with each number. If there is a URL included with the reference, it can be included at the end of the reference.

Other than books, capitalize only the first word in an article title, except for proper nouns and element symbols. For articles published in translation journals, please give the English citation first, followed by the original foreign-language citation. See the end of this document for formats and examples of common references. For a complete discussion of references and their formats, see the *IEEE Editorial Style Manual for Authors* at <https://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/create-your-ieee-journal-article/create-the-text-of-your-article/ieee-editorial-style-manual/>.

## B. Footnotes

Number footnotes separately in superscripts (Insert | Footnote).<sup>1</sup> Place the actual footnote at the bottom of the column in which it is cited; do not put footnotes in the reference list (endnotes). Use letters for table footnotes (see Table D).

## SUBMITTING YOUR IEEE COPYRIGHT FORM

Authors must submit an electronic IEEE Copyright Form (eCF) upon submitting their final manuscript files. You can access the eCF system through your manuscript submission system or through the Author Gateway. You are responsible for obtaining any necessary approvals and/or security clearances. For additional information on intellectual property rights, visit the IEEE Intellectual Property Rights department web page at <https://www.ieee.org/publications/rights/index.html>

## IEEE GUIDELINES AND POLICIES

A full overview of IEEE publishing guidelines and policies can be found at <https://journals.ieeeauthorcenter.ieee.org/become-an-ieee-journal-author/publishing-ethics/guidelines-and-policies/>. They are designed to help authors understand and navigate the publishing process successfully. Learn more about IEEE's fundamental publishing guidelines and principles, submission and peer review policies, post-publication policies, and guidelines on advertising, accessibility, and data privacy.

<sup>1</sup>It is recommended that footnotes be avoided (except for the unnumbered footnote with the receipt date on the first page). Instead, try to integrate the footnote information into the text.

## ACKNOWLEDGMENT

The preferred spelling of the word "acknowledgment" in American English is without an "e" after the "g." Use the singular heading even if you have many acknowledgments. Avoid expressions such as "One of us (S.B.A.) would like to thank ... ." Instead, write "F. A. Author thanks ... ." In most cases, sponsor and financial support acknowledgments are placed in the unnumbered footnote on the first page, not here.

## REFERENCES

### Basic format for periodicals:

J. K. Author, "Name of paper," *Abbrev. Title of Periodical*, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, *Abbrev. Month*, year, doi: 10.1109.XXX.1234567.

### Periodicals using article numbers:

J. K. Author, "Name of paper," *Abbrev. Title of Periodical*, vol. x, no. x, *Abbrev. Month*, year, Art. no. xxxxx, doi: 10.1109.XXX.1234567.

### Examples:

- [1] J. U. Duncombe, "Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, no. 1, pp. 34–39, Jan. 1959, doi: 10.1109/TED.2016.2628402.
- [2] E. P. Wigner, "Theory of traveling-wave optical laser," *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635–A646, Dec. 1965.
- [3] P. Kopyt *et al.*, "Electric properties of graphene-based conductive layers from DC up to terahertz range," *IEEE THz Sci. Technol.*, to be published, doi: 10.1109/TTHZ.2016.2544142. (Note: If a paper is still to be published, but is available in early access, please follow ref [3].)
- [4] R. Fardel, M. Nagel, F. Nuesch, T. Lippert, and A. Wokaun, "Fabrication of organic light emitting diode pixels by laser-assisted forward transfer," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 91, no. 6, Aug. 2007, Art. no. 061103.
- [5] D. Comite and N. Pierdicca, "Decorrelation of the near-specular land scattering in bistatic radar systems," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, early access, doi: 10.1109/TGRS.2021.3072864. (Note: This format is used for articles in early access. The doi must be included.)
- [6] H. V. Habi and H. Messer, "Recurrent neural network for rain estimation using commercial microwave links," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 59, no. 5, pp. 3672–3681, May 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9153027>

### Basic format for books:

J. K. Author, "Title of chapter in the book," in *Title of Published Book*, xth ed. City of Publisher, (only U.S. State), Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx.

### Examples:

- [7] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics," in *Plastics*, 2nd ed., vol. 3, J. Peters, Ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [8] W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA, USA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.
- [9] Philip B. Kurland and Ralph Lerner, eds., *The Founders' Constitution*. Chicago, IL, USA: Univ. of Chicago Press, 1987, Accessed on: Feb. 28, 2010, [Online]. Available: <http://press-pubs.uchicago.edu/founders/>

### Basic format for handbooks:

Name of Manual/Handbook, x ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, year, pp. xxx-xxx.

### Examples:

- [10] *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, USA, 1985, pp. 44–60.

- [11] *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, USA, 1989.
- [12] R. J. Hijmans and J. van Etten, "Raster: Geographic analysis and modeling with raster data," R Package Version 2.0-12, Jan. 12, 2012. [Online]. Available: <http://CRAN.R-project.org/package=raster>

#### Basic format for reports:

J. K. Author, "Title of report," Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, Rep. xxx, year.

#### Example:

- [13] E. E. Reber, R. L. Mitchell, and C. J. Carter, "Oxygen absorption in the earth's atmosphere," Aerospace Corp., Los Angeles, CA, USA, Tech. Rep. TR-0200 (4230-46)-3, Nov. 1988.

#### Basic format for conference proceedings:

J. K. Author, "Title of paper," in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Abbrev. State (if given), Country, year, pp. xxxxxx.

#### Examples:

- [14] D. B. Payne and J. R. Stern, "Wavelength-switched passively coupled single-mode optical network," in *Proc. IOOC-ECOC*, Boston, MA, USA, 1985, pp. 585-590.
- [15] D. Ebehard and E. Voges, "Digital single sideband detection for interferometric sensors," presented at the 2nd Int. Conf. Optical Fiber Sensors, Stuttgart, Germany, Jan. 2-5, 1984.
- [16] PROCESS Corporation, Boston, MA, USA. Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity. Presented at INET96 Annual Meeting. [Online]. Available: <http://home.process.com/Intranets/wp2.htm>

#### Basic format for electronic documents (when available online):

Issuing Organization. (year, month day). *Title*. [Type of medium]. Available: site/path/file

#### Example:

- [17] U.S. House. 102nd Congress, 1st Session. (1991, Jan. 11). *H. Con. Res. 1, Sense of the Congress on Approval of Military Action*. [Online]. Available: LEXIS Library; GENFED File: BILLS

#### Basic format for patents:

J. K. Author, "Title of patent," U.S. Patent x xxx xxx, Abbrev. Month, day, year.

#### Example:

- [18] G. Brandli and M. Dick, "Alternating current fed power supply," U.S. Patent 4 084 217, Nov. 4, 1978.

#### Basic format for theses (M.S.) and dissertations (Ph.D.):

J. K. Author, "Title of thesis," M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

J. K. Author, "Title of dissertation," Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

#### Examples:

- [19] J. O. Williams, "Narrow-band analyzer," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, USA, 1993.
- [20] N. Kawasaki, "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.

#### Basic format for the most common types of unpublished references:

J. K. Author, private communication, Abbrev. Month, year.

J. K. Author, "Title of paper," unpublished.

J. K. Author, "Title of paper," to be published.

#### Examples:

- [21] A. Harrison, private communication, May 1995.

[22] B. Smith, "An approach to graphs of linear forms," 2014, *arXiv:2105.02824*.

[23] A. Brahms, "Representation error for real numbers in binary computer arithmetic," IEEE Computer Group Repository, Paper R-67-85.

#### Basic formats for standards:

a) *Title of Standard*, Standard number, date.

b) *Title of Standard*, Standard number, Corporate author, location, date.

#### Examples:

- [24] IEEE Criteria for Class IE Electric Systems, IEEE Standard 308, 1969.
- [25] Letter Symbols for Quantities, ANSI Standard Y10.5-1968.

#### Basic format for datasets:

Author, Date, Year. "Title of Dataset," distributed by Publisher/Distributor, <http://url.com> (or if DOI is used, end with a period)

#### Example:

- [26] U.S. Department of Health and Human Services, Aug. 2013, "Treatment Episode Dataset: Discharges (TEDS-D): Concatenated, 2006 to 2009," U.S. Department of Health and Human Services, Substance Abuse and Mental Health Services Administration, Office of Applied Studies, doi: 10.3886/ICPSR30122.v2.

#### Basic format for code:

Author, Date published or disseminated, Year. "Complete title, including ed./vers.#," distributed by Publisher/Distributor, <http://url.com> (or if DOI is used, end with a period)

#### Example:

- [27] T. D'Martin and S. Soares, 2019, "Code for Assessment of Markov Decision Processes in Long-Term Hydrothermal Scheduling of Single-Reservoir Systems (Version 1.0)," Code Ocean, doi: [10.24433/CO.7212286.v1](https://doi.org/10.24433/CO.7212286.v1)



**First A. Author** (Fellow, IEEE) and all authors may include biographies if the publication allows. Biographies are often not included in conference-related papers. Please check the Information for Authors to confirm. Author photos should be current, professional images of the head and shoulders. The first paragraph may contain a place and/or date of birth (list place, then date). Next, the author's educational background is listed. The degrees should be listed with the type of degree in what field, which institution, city, state, and country, and year the degree was earned. The author's major field of study should be lowercase.

The second paragraph uses the preferred third person pronoun (he, she, they, etc.) and not the author's last name. It lists military and work experience, including summer and fellowship jobs. Job titles are capitalized. The current job must have a location; previous positions may be listed without one. Information concerning previous publications may be included. The format for listing publishers of a book within the biography is: *Title of Book* (publisher name, year) similar to a reference.

---

Current and previous research interests end the paragraph.

The third paragraph begins with the author's preferred title and last name (e.g., Dr. Smith, Prof. Jones, Mr. Kajor, Ms. Hunter, Mx. Riley). List any memberships in professional societies other than the IEEE. Finally, list any awards and work for IEEE committees and publications.

**Second B. Author** photograph and biography not available at the time of publication.

**Third C. Author Jr.** (Member, IEEE), photograph and biography not available at the time of publication.