



INSTITUTO DE MEDICINA INTEGRAL PROF. FERNANDO
FIGUEIRA – IMIP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

MESTRADO EM SAÚDE INTEGRAL

**SCAN – SISTEMA DE CONTROLE ANTIMICROBIANO:
FERRAMENTA DE APOIO À PRESCRIÇÃO E AO
MONITORAMENTO DO USO DE ANTIBIÓTICOS**

PRISCILLA KAREN DE OLIVEIRA SÁ

RECIFE
2020

MESTRADO EM SAÚDE INTEGRAL

**SCAN – SISTEMA DE CONTROLE ANTIMICROBIANO:
FERRAMENTA DE APOIO À PRESCRIÇÃO E AO
MONITORAMENTO DO USO DE ANTIBIÓTICOS**

Dissertação a ser apresentada à Pós-
graduação do Instituto de Medicina
Integral Prof. Fernando Figueira
(IMIP), como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre em
Saúde Integral.

Mestranda: Priscilla Karen de Oliveira Sá

Orientadora: Flávia Augusta de Orange Lins da Fonseca e Silva

Linha de pesquisa: Avaliação das Intervenções em Saúde

RECIFE
2020

Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira – IMIP
Ficha Catalográfica BAB-007/2021
Elaborada por Túlio Revoredo CRB-4/2078

S111s Sá, Priscilla Karen de Oliveira

Scan – sistema de controle antimicrobiano: ferramenta de apoio à prescrição e ao monitoramento do uso de antibióticos / Priscilla Karen de Oliveira Sá. Orientadora: Flávia Augusta de Orange Lins da Fonseca e Silva – Recife: Do Autor, 2020.

124 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Saúde Integral) – Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira, 2020.

1. Informática Médica. 2. Antibacterianos. 3. Controle de Infecções. I. Fonseca e Silva, Flávia Augusta de Orange Lins da: orientadora. II. Título.

CDD 610.7072

**SCAN – SISTEMA DE CONTROLE ANTIMICROBIANO:
FERRAMENTA DE APOIO À PRESCRIÇÃO E AO
MONITORAMENTO DO USO DE ANTIBIÓTICOS**

Dissertação em Mestrado Profissional em Saúde Integral do Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira (IMIP), a ser submetida à banca examinadora em outubro de 2020.

Orientadora: Prof^ª. Dr.^ª Flávia Augusta de Orange Lins da Fonseca e Silva

Prof^ª. Dr.^ª Maria Júlia Gonçalves de Mello

Prof. Dr. Misael Elias de Moraes

RECIFE
2020

DEDICATÓRIA

*Gostaria de dedicar este trabalho ao
melhor de mim: Beatriz, Sophia e
Valentina.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu amado Christian, por sua paciência, carinho e amor. Tudo o que posso é agradecer por nossos caminhos terem se cruzado e por termos encontrado, um no outro, a peça que faltava para a felicidade completa. É uma felicidade somada à minha, sonhos somados aos meus, problemas a serem superados juntos. Obrigada por estar ao meu lado e completar a minha vida.

Agradeço a meus pais, Carlos e Nadege, pela educação e estímulo desde minha mais tenra infância e por sempre demonstrarem um interesse tão grande e genuíno na minha felicidade. Posso ter herdado características de um ou do outro, mas meu caráter, meus valores e minha felicidade devo aos dois igualmente.

Agradeço a minhas lindas irmãs, Cinthia e Nathália, por tudo o que já fizeram para me alegrar e por me ensinarem o senso do todo e das partes: a felicidade de uma é a felicidade de todas e, não importa o que aconteça, só nos sentimos completas quando estamos juntas.

Agradeço a Mirella, a amiga que tem o olhar mais generoso sobre todos que a cercam. Obrigada por estar ao meu lado nesta vida, pelos conselhos e pelos silêncios, pelo estímulo e pelo exemplo, obrigada por nossos melhores momentos, sempre obrigada.

Agradeço a Raquel, uma nova e competente infectologista, pelo interesse em ajudar a desenvolver formas de inovar e modificar o processo de trabalho de nossa especialidade. E agradeço pela honra que me foi dada de presenciar o momento em se apaixonou pelo que fazia.

Agradeço a Aluska, Perla, Aparecida, Danielle, Ariadene e Ranussa, companheiras antigas e entusiasmadas de controle de infecção. Amigos são a família que podemos escolher, e eu tive a grande oportunidade de construir uma família de amigas maravilhosa. Agradeço pela oportunidade de trabalhar ao lado de pessoas tão competentes e dedicadas e sou muito grata por tudo o que vivi e aprendi com pessoas excelentes e profissionais incríveis. Agradeço pela chance de crescimento e amadurecimento e por todas as conquistas alcançadas graças a essa grande equipe.

E a Estêvão, minha mais sincera gratidão por poder contar com sua habilidade técnica, esforço e dedicação nas longas horas de trabalho que foram necessárias para fazer esse projeto acontecer. Seu entusiasmo inspira credibilidade e, quando você se sente entusiasmado pelo seu futuro, você o dirige com suas próprias mãos. E que futuro profissional incrível você terá!

EPÍGRAFE

“Sou das que pensam que a ciência tem uma grande beleza. Um cientista em seu laboratório não é só um técnico: é também uma criança colocada diante de fenômenos naturais que lhe impressionam como um conto de fadas.”

(Marie Curie)

RESUMO

Introdução: A prescrição de antimicrobianos constitui uma importante etapa no processo de cuidado, sendo alta a taxa de utilização desses medicamentos, o que é motivo de preocupação no que concerne à segurança do paciente, à emergência de microorganismos multirresistentes e à gestão hospitalar. A resistência bacteriana eleva os custos de tratamentos, prolonga a permanência dos pacientes nos hospitais e pode aumentar a taxa de mortalidade. Ao se avaliar a assistência aos pacientes internados com diagnóstico de infecção, tanto em enfermarias quanto em unidades de cuidados intensivos, notam-se: *a)* dificuldades de escolha de tratamento antibiótico; *b)* vulnerabilidades das avaliações clínicas e de adequação aos protocolos antimicrobianos instituídos; *c)* problemas de comunicação entre as equipes de cuidado; e *d)* dificuldades no controle e na auditoria do uso de antimicrobianos. Dessa forma, a consideração quanto à obediência aos protocolos institucionais de terapia, as interações medicamentosas e os ajustes individuais de acordo com a infecção e as comorbidades são parte da vigilância contínua necessária realizada por médico infectologista. **Objetivo:** Desenvolver o protótipo de uma ferramenta informatizada de apoio à prescrição e monitoramento do uso de antibióticos em ambiente hospitalar. **Métodos:** Estudo exploratório, experimental, de natureza tecnológica, que visou à solução do problema da carência de uma ferramenta informatizada que integre, no momento da prescrição medicamentosa, o médico prescritor, o microbiologista e o farmacêutico clínico, proporcionando que essa ação coordenada seja gerenciada pelo médico infectologista do hospital. **Resultados:** Foi desenvolvido um protótipo de sistema de controle antimicrobiano, SCAN, composto por módulos com diferentes funcionalidades de acordo com o perfil do usuário e de seu papel

no processo de assistência ao paciente. A ferramenta oferece ao prescritor uma sequência de passos para preenchimento de informações clínicas e laboratoriais, cuja via final é uma tela com recomendação sobre a melhor escolha antimicrobiana e curso de tratamento. A adequação da terapia é avaliada automaticamente. Além disso, há geração de alertas via aplicativo móvel para o administrador do sistema (infectologista), possibilitando *feedback* para o prescritor pelo mesmo aplicativo, a fim de ser justificada a não conformidade ou para que haja a correção da prescrição caso a inconformidade não seja aceitável; ou quando sejam identificadas combinações antimicrobianas redundantes ou interações medicamentosas indesejadas. Tal aplicação gera, ainda, alertas no momento que o resultado microbiológico fique disponível, possibilitando melhor direcionar a terapia antimicrobiana ou descontinuí-la de acordo com critérios clínicos e com resultados da cultura. Propõe-se que a integração do fluxo de informação no momento da prescrição de antibiótico, promovida pela aplicação desenvolvida, atue na qualidade assistencial, e possibilite que esse processo dinâmico de tomada de decisões terapêuticas aumente sua qualidade. **Conclusão:** Neste estudo, desenvolveu-se um sistema de monitoramento computadorizado, integrando noções de uso racional de antibiótico a uma ferramenta de apoio à prescrição de antimicrobianos, resultando em um método auxiliar para a gestão e para a assistência prestada ao paciente. No futuro, espera-se implantar o SCAN no ambiente hospitalar e avaliar sua eficácia como método para o avanço dos processos relacionados ao controle de antimicrobianos e ao aumento da qualidade da prescrição médica, ao contribuir para um uso mais racional de antibióticos.

Palavras-chave: informática em saúde; uso racional; antibiótico; controle de infecção.

Produto Técnico 1: Artigo para publicação em periódico

Produto Técnico 2: Protótipo do SCAN – Sistema de Controle Antimicrobiano

Produto Técnico 3: Certificado de Registro de Programa de Computador
do Instituto Nacional da Propriedade Industrial

ABSTRACT

Background: The prescription of antimicrobials is an important step in the patient care process, with a high rate of use of these drugs, which is a cause for concern regarding the safety of patients, the emergence of multi-resistant microorganisms and hospital management. Bacterial resistance increases treatment costs, prolongs patients' stay in hospitals and can increase mortality rate. When assessing assistance to hospitalized patients diagnosed with infection, both in wards and in intensive care units, are observed: a) difficulties in choosing antibiotic treatment; b) vulnerabilities of clinical assessments and of compliance with the established antimicrobial protocols; c) communication problems between care teams; and d) difficulty in controlling and auditing the use of antimicrobials. Thus, consideration of compliance with institutional therapy protocols, drug interactions and individual and pathological adjustments are part of the necessary continuous surveillance performed by an infectious disease physician. **Objective:** To develop the prototype of a computerized tool to support the prescription and monitoring of the use of antibiotics in a hospital environment. **Methods:** Exploratory and technological experimental study, aimed at solving the problem of the lack of a computerized tool that integrates, at the time of drug prescription, the prescribing physician, the microbiologist and the clinical pharmacist, providing that this coordinated action is managed by the physician infectious disease at the hospital. **Results:** A prototype of an antimicrobial control system, SCAN, was developed, consisting of modules with different functionalities according to the user's profile and their role in the patient care process. The tool offers the prescriber a sequence of steps to fill out clinical and laboratory information, the final route of which is a screen with the

recommendation on the best antimicrobial choice and course of therapy. The adequacy of therapy is automatically assessed by the tool when there is compliance with the treatment protocol at the hospital. Alerts are generated via the mobile application for the system manager (infectious diseases specialist), enabling feedback to the prescriber through the same application, in order to justify non-compliance or to correct the prescription if the non-compliance is not acceptable, or when redundant antimicrobial combinations or unwanted drug interactions are identified. It also shows alerts when the microbiological result becomes available, making it possible to better target antimicrobial therapy or discontinue it according to clinical criteria and negative culture results. It is proposed that the integration of the information flow at the time of antibiotic prescription, promoted by the developed application, acts on the quality of care, and allows this dynamic process of therapeutic decision-making to increase its quality. **Conclusions:** In this study, a computerized monitoring system was developed, integrating notions of rational use of antibiotics with a tool to support the prescription of antimicrobials, resulting in an auxiliary method for the management and care provided to the patient. In the future, it is expected to implement SCAN in the hospital environment and evaluate its effectiveness as a method to advance the processes related to the control of antimicrobials and to the improvement of the quality of medical prescription, by contributing to a more rational use of antibiotics.

Keywords: health informatics; stewardship; rational use; antibiotic; infection control

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. OBJETIVOS.....	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
III. MÉTODOS.....	17
3.1. Desenho do estudo.....	17
3.2. Local do estudo.....	17
3.3. Período do estudo.....	17
3.4. Etapas da pesquisa e elaboração do protótipo.....	17
3.4.1 Análise de requisitos.....	18
3.4.2. Projeto e especificação.....	27
3.4.3. Desenvolvimento.....	31
3.4.4. Entrega do protótipo.....	59
3.4.5. Conflitos de interesses.....	59
IV. RESULTADOS.....	60
4.1. Protótipo do SCAN.....	60
4.2. Registro de programa de computador.....	60
4.3. Artigo.....	60
V. CONCLUSÃO.....	79
VI. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES.....	80
6.1. Recomendações para a prática clínica.....	80
6.2. Recomendações para a pesquisa.....	80
VII. REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICES.....	91
APÊNDICE 1 – Fluxogramas de funções.....	91
APÊNDICE 2 – Mapa Mental.....	102
ANEXOS.....	103
ANEXO 1 – Certificado de Registro de Programa de Computador.....	103
ANEXO 2 – Instruções aos autores.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EUA	Estados Unidos da América
IRAS	Infecção Relacionada à Assistência à Saúde
<i>K. pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
LILACS	<i>Latin America and Caribbean Health Science Literatures</i>
MEDLINE	<i>Medical Literature Analysis and Retrieval System Online</i>
<i>N. gonorrhoeae</i>	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>
NUTES	Núcleo de Tecnologia Estratégica em Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
<i>P. aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Pubmed	<i>Public/Publisher Medline</i>
<i>S.aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
SCAN	Sistema de Controle Antimicrobiano
SCIELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SCIH	Serviço de Controle de Infecção Hospitalar
<i>S. pneumoniae</i>	<i>Streptococcus pneumoniae</i>
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UML	Unified Modeling Language
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE DIAGRAMAS

	Página
Diagrama 1. Representação do sistema no mapa mental	20
Diagrama 2. Visão geral do sistema	22
Diagrama 3. Casos de uso: Cadastro de usuários	28
Diagrama 4. Casos de uso: Geral	30
Diagrama 5. Casos de uso: Médico	30

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Telas em computador de mesa e celular	33
Figura 2. Menus do SCAN	34
Figura 3. Tela de <i>login</i>	36
Figura 4. Tela de boas vindas menu médico	36
Figura 5. Tela de cadastro do paciente	37
Figura 6. Tela de lista de pacientes	37
Figura 7. Menu médico tela de prescrição	38
Figura 8. Menu médico definição da prescrição	39
Figura 9. Menu médico origem da infecção	39
Figura 10. Menu médico foco da infecção	40
Figura 11. Menu médico tipo da infecção	40
Figura 12. Tela sugestão de antimicrobianos	41
Figura 13. Tela adicionar nova sugestão	42
Figura 14. Menu médico ajuste clearance creatinina	43
Figura 15. Menu médico aviso interação medicamentosa	43
Figura 16. Menu infectologista dados da prescrição	45
Figura 17. Tela resultado microbiológico	47
Figura 18. Tela de boas vindas menu laboratório	49
Figura 19. Tela adicionar exames	49
Figura 20. Tela antimicrobianos	51

Figura 21. Controle de doses diárias	51
Figura 22. Menu infectologista cadastro de usuários	52
Figura 23. Menu infectologista tela de boas vindas	55
Figura 24. Menu infectologista lista de prescrições	55
Figura 25. Tela inicial de <i>chat</i>	56
Figura 26. Tela de alerta em celular	56

I. INTRODUÇÃO

A luta do homem contra infecções emergentes tem sido um determinante fundamental da existência e da evolução da espécie humana. Diante dessa realidade, os antibióticos são fármacos que revolucionaram o tratamento das doenças infecciosas e reduziram mundialmente as taxas de morbidade e mortalidade associadas a doenças bacterianas.¹

A utilização das sulfonamidas, em 1933, e da penicilina, em 1941; a descoberta de anfenicóis e aminoglicosídeos na década de 40; as tetraciclínas, os macrolídeos, os glicopeptídeos, as rifamicinas, as quinolonas e o trimetropim disponibilizados nas décadas de 50 e 60² e de todas as outras classes de antibióticos, surgidas ao longo do século 20 e 21 que se seguiram, foram determinantes para a assistência à saúde e para o aumento da expectativa de vida da população mundial. Muitos procedimentos médicos realizados atualmente não seriam possíveis sem a disponibilidade da segurança e da efetividade dos antibióticos.³ Cirurgias, transplantes, terapias citotóxicas para o câncer e profilaxias cirúrgicas são todos exemplos de intervenções possíveis apenas pelo alicerce da existência dos antimicrobianos.⁴

A euforia inicial e a velocidade de descoberta de novos agentes antibióticos, o uso difundido mundialmente ao longo do tempo e seu consumo sem controle demonstraram que a impressão de inesgotabilidade desses recursos estava equivocada. Tantos benefícios desses fármacos deveriam ter sido ponderados por pelo menos duas observações: *primeiro*, cinco anos após o primeiro uso da penicilina, casos isolados de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) expressaram resistência através da ação de enzima que rompia o anel betalactâmico⁵; e, *segundo*, no final de 1950, um estudo ligou essa resistência antibiótica a um aumento do risco de morte em pacientes com bacteremia por *S. aureus* tratados com

penicilina.⁶

A era antibiótica é ameaçada pela convergência de três circunstâncias adversas: *a*) altos níveis de resistência entre patógenos; *b*) pouca ou quase nenhuma produção de novas classes de antibióticos; e *c*) uma redução dramática no número de empresas farmacêuticas empenhadas na descoberta e no desenvolvimento de agentes antinfeciosos⁵, enquanto continua havendo infecções bacterianas, reemergência de doenças infecciosas e surgimento de microrganismos multiresistentes. A maioria das doenças infecciosas é causada por um único agente etiológico, que conta com uma extraordinária adaptabilidade (capacidades de mutação e de replicação), provendo-o com uma vantagem evolucionista temporária contra pressões e contra destruições. Essas pressões incluem fatores ambientais, assim como a resposta imunológica do hospedeiro.⁷⁻¹¹

Todos os antibióticos compartilham limitações: os organismos em que eles atuam diretamente quase invariavelmente desenvolvem formas de resistência. Bactérias se tornam resistentes por uma variedade de mecanismos,¹² sendo a resistência um fenômeno de mutação genética.¹³⁻¹⁴ Sendo assim, haverá multiplicação da bactéria resistente, e a enfermidade causada por ela não conseguirá ser tratada pelo medicamento. A mutação geralmente é determinada por uma adaptação da bactéria à pressão seletiva exercida pelo antimicrobiano, e, com o uso indiscriminado desse medicamento, a frequência dessa pressão seletiva, que seria eventual e natural na bactéria, tornou-se maior,¹⁵ tendo a resistência a antibióticos se transformado em um problema de saúde pública mundial.^{16,17}

As pessoas correm o risco de exposição a novos patógenos resistentes, ou determinantes de resistência, por meio do contato direto com animais, ingestão de alimentos ou água contaminados e através do contato com humanos infectados.¹⁸ O fenômeno da resistência antimicrobiana, portanto, não acontece apenas no hospital, mas também em setores com fins econômicos e comerciais, como na saúde animal.^{19,20,21}

O alto uso em animais não está apenas ligado à prevenção ou tratamento de doenças na medicina veterinária, mas na forma de aplicação subterapêutica contínua de antibióticos como promotores de crescimento em animais de criação intensiva.²² Com os avanços nas análises genéticas, é possível, cada vez mais, relacionar o uso dessas substâncias na produção animal com o desenvolvimento de patógenos multirresistentes.^{23,24} O consumo excessivo de antimicrobianos pode causar prejuízos ao indivíduo, como também para a sociedade, e um esforço global e multidisciplinar é necessário para desacelerar o desenvolvimento da resistência aos antibióticos.²⁵

No contexto da assistência ao paciente, a prescrição de antibióticos constitui uma importante etapa no processo de cuidado, tendo importância primordial na evolução clínica do paciente e nas implicações da prática médica. Maus hábitos de prescrição podem levar a um tratamento ineficaz e não seguro determinando prolongamento e/ou exacerbação da doença.^{26,27} O uso difundido de antimicrobianos, ao longo do tempo, tornou o consumo abusivo, e prescrições de antimicrobianos para indicações não recomendadas e com doses incorretas começaram a surgir e se tornaram frequentes.²⁸

Estudos em países europeus e nos Estados Unidos da América (EUA) demonstraram uso desnecessário e difundido de antibióticos em infecções virais de trato respiratório superior.²⁹ Em um estudo retrospectivo no Vietnã, para mais de 70% dos pacientes foram prescritas doses inadequadas de antimicrobianos.³⁰ Colistina é um exemplo de como uma droga agora de uso comum (a despeito dos limites dos dados farmacológicos modernos), pode ser equivocadamente usada: revisões publicadas no ano de 2011 mostram erros substanciais de indicação de dose.³¹

A crise convergente de aumento de resistência aos antimicrobianos e o colapso das pesquisas e desenvolvimento de novos antibióticos foram resultados previsíveis das políticas e processos que temos usado para lidar com infecções nos últimos cinquenta

anos do século 20 e duas primeiras décadas do século 21³² e não acompanham o consumo crescente dessas drogas. Entre os anos de 2000 e 2016, o consumo de antibióticos aumentou em 35%, e Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul foram responsáveis por 76% desse aumento.³³ Houve crescimento do consumo de carbapenêmicos (45%) e polimixinas (13%), classes que são considerados como os mais potentes e de “última linha” para o tratamento de bactérias gram negativas. Esse incremento do uso levanta sérias preocupações para a saúde pública.³³

Estima-se que patógenos resistentes a antibióticos causem mais de dois milhões de infecções, sendo 23.000 mortes anualmente nos EUA³⁴ e 25.000 na Europa.³⁵ No Brasil, o consumo de antimicrobianos e o cenário da resistência também preocupam. De acordo com os dados da vigilância epidemiológica de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) disponibilizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os fenótipos de resistência entre os agentes etiológicos mais frequentemente notificados indicam aumento de bactérias resistentes no país.³⁶ No último boletim nacional publicado, foi demonstrada que, em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) de adultos, a taxa de resistência mais alta observada foi do bacilo Gram-negativo *Acinetobacter spp.* resistente aos carbapenêmicos (77,7%) seguida pelo coco Gram-positivo *Staphylococcus coagulase negativos* resistente à oxacilina (72,2%). E, em relação aos *Staphylococcus coagulase negativos*, a resistência à oxacilina foi de 78,4% em UTI neonatal, 73% em UTI pediátrica e 72,2% em UTI adulto.³⁷

Estudo publicado em 2019³⁸ apresentou um modelo matemático que analisou nove pares bactéria-antibiótico e realizou projeções (com limites de incerteza) para os níveis de resistência no ano de 2026. Foram estudadas: *E.coli* e fluorquinolonas/cefalosporinas de terceira geração/ carbapenêmicos; *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) e cefalosporinas de terceira geração/carbapenêmicos; *S. aureus* e meticilina; *Streptococcus*

pneumoniae (*S. Pneumoniae*) e penicilinas, *Pseudomonas. Aeruginosa* (*P. aeruginosa*) e qualquer tratamento disponível; *Neisseria gonorrhoeae* (*N. gonorrhoeae*) e cefalosporinas de terceira geração. Os resultados dos especialistas indicaram que a maioria dos antibióticos estudados continuaria a ser efetivo na próxima década para o tratamento desses patógenos. Entretanto, o mesmo estudo mostra que houve casos de não eficiência na França, Itália, Espanha e Reino Unido, como: resistência da *E.coli* e *K. pneumoniae* a cefalosporinas de terceira geração e carbapenêmicos; *S. aureus* resistente à meticilina (permaneceriam abaixo de 50%). No entanto, esse resultado não pode ser assegurado em todos os países, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, Índia e China, onde, recentemente, viu-se um aumento do consumo de antibióticos.³⁹

Diante de tais dados e levando em consideração o aumento no consumo de antibióticos pelos seres humanos, pode-se até questionar se está chegando ao fim da “Era do antibiótico” e, mais que isso, se haverá outra Era pós essa. Invariavelmente, o ciclo é este: quanto mais antibióticos são usados, mais resistência as bactérias adquirem, forçando os médicos a tentarem outros antibióticos.⁴⁰ E até quando o ciclo se manterá? Provavelmente até as drogas que servem como último recurso perderem totalmente sua potência, se medidas de controle não forem efetivamente tomadas.

De alguma forma, perdeu-se a chance gerir o uso de antibióticos quando a primeira resistência apareceu. Provavelmente, perdeu-se outra chance representada pela abundância de novos antibióticos quando ainda existiam “muitas” alternativas. O uso abusivo parece ter feito a população bacteriana irreversivelmente ameaçadora.⁴¹ Assim, continuamente, tenta-se entender o paradoxo do antibiótico: “as drogas milagrosas estão destruindo o milagre”.⁴²

1.1. Gestão do uso de antimicrobianos como prevenção da resistência bacteriana

A infecção relacionada à assistência à saúde (IRAS) é uma questão importante para a segurança do paciente e da comunidade no contexto do uso de antimicrobianos e resistência bacteriana.⁴³⁻⁴⁵ Os pioneiros no controle de infecção mostraram que os programas de vigilância e prevenção podem ser bem-sucedidos e estabeleceram o cenário para as atividades de controle de infecção de hoje. Os parâmetros para o sucesso incluem aqueles que reconhecem e explicam as infecções associadas aos cuidados de saúde e implementam intervenções para diminuir as taxas de infecção e limitar a propagação da resistência antimicrobiana.⁴⁶

No Brasil, como em outros países da América do Sul, a regulamentação e a real preocupação com o controle e prevenção de IRAS surgiram no final dos anos 1970 e início dos anos 1980. Esse período foi marcado pela visibilidade do fenômeno no cenário nacional, enfatizado pela mídia, destacando-o como um grave problema nos serviços de saúde.⁴⁷ Uma importante referência brasileira sobre a prevalência de IRAS foi o estudo publicado em 1994 que identificou altas taxas de infecções (taxa de pacientes com IRAS: 13,1%; taxas de IRAS por topografia: respiratória 28,9%, cirúrgica 15,6%, pele 15,5% , e urinário 11%).⁴⁸

Um marco para as ações de controle das infecções no país foi a instituição do “Programa de Controle de Infecções Hospitalares”, em 1998.⁴⁹ O objetivo do programa era reduzir a incidência e a gravidade das infecções hospitalares por meio da qualificação de assistência hospitalar e da vigilância sanitária. A portaria de instituição do programa mencionou, pela primeira vez, a necessidade do uso racional de antimicrobianos, germicidas e materiais médico-hospitalares, além de ter reforçado a importância de

identificar indicadores no uso de antimicrobianos.⁴⁹

Quando a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) foi criada em 1999, a ação governamental para o controle das infecções passou a ser uma de suas responsabilidades, e nos anos seguintes, seu papel na vigilância de microrganismos resistentes se consolidou.⁵⁰ Em 2005, o Ministério da Saúde e a ANVISA, em parceria com a Organização Pan Americana da Saúde (OPAS), estabeleceram a “Rede Nacional de Monitoramento da Resistência Microbiana em Serviços de Saúde”, para ampliar a detecção, a prevenção e o controle da emergência de resistência nos serviços de saúde no país.⁵¹ Outro destaque no enfrentamento à resistência bacteriana no Brasil foi a regulamentação da venda de antibióticos, instituída em 2010 pela ANVISA, para o controle da dispensação de antimicrobianos de uso humano. Antes dessa resolução, já havia a exigência de prescrição de antibióticos, medida considerada importante para o enfrentamento ao uso desnecessário desses medicamentos.^{52,53} No que tange à saúde animal, também se destacam ações governamentais com regulamentações como o Programa Nacional de Controle de Patógeno,⁵⁴ a fim de monitorar e gerenciar o risco e a presença de patógenos em alimentos de origem animal. Em 2016, foi publicada a Diretriz Nacional para Elaboração de Programa de Gerenciamento do Uso de Antimicrobianos em Serviços de Saúde, com o objetivo de orientar os profissionais da área na elaboração e na implementação de programas de uso e controle de antibióticos.⁵⁵

Os programas para gestão do uso de antimicrobianos (os assim chamados *antibiotic stewardship*) referem-se ao conjunto de intervenções coordenadas com o objetivo de melhorar e de quantificar o uso adequado desses fármacos, promovendo a seleção do regime ideal, da dose, da duração do tratamento e da via de administração, minimizando a toxicidade e outros eventos adversos para o paciente, além de contribuir

para limitar a seleção de cepas resistentes. *Antimicrobial stewardship* é uma demonstração de uso racional de antibiótico, e programas de gestão de uso de antimicrobianos são importantes para melhorar a decisão sobre uso no ambiente hospitalar e foram associados a resultados favoráveis em termos de mortalidade e de duração de internamento.^{56,57} O primeiro uso do termo "*antimicrobial stewardship*" provavelmente remonta a um artigo em 1996, quando os autores afirmaram que o uso adequado de antimicrobianos pode evitar ou até mesmo reverter tendências na resistência antimicrobiana.⁵⁸

Na América Latina, existem programas de stewardship, ou gestão, do uso de antimicrobianos em 46% dos hospitais, em comparação a 66% na Europa e 67% na América do Norte.⁵⁹ No Brasil, com a finalidade de estabelecer ações de prevenção e controle da resistência microbiana nos serviços de saúde, a ANVISA elaborou em 2018 o Plano de Ação da Vigilância Sanitária em Resistência aos Antimicrobianos, o Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana nos Serviços de Saúde e a Rede de Resistência Microbiana.^{60,61}

Já em 2019, a Anvisa iniciou o Projeto Stewardship Brasil que tem o objetivo de avaliar o panorama nacional dos programas de gerenciamento de antibióticos em hospitais com unidades de terapia intensiva de adultos. Além disso, a ANVISA trabalha continuamente na elaboração de materiais e na promoção de ações educativas sobre o assunto. No Brasil, o monitoramento da resistência microbiana é feito em 2.200 hospitais com leitos de UTI.⁶²

As estratégias para preservar o “milagre dos antibióticos” e controlar a resistência bacteriana incluem intervenções que coletivamente podem impactar positivamente o tratamento,^{63,64} entretanto, como a resistência das diversas espécies bacterianas aos antimicrobianos é extremamente variável entre os países e regiões,⁶⁵ é necessário que as

ações de enfrentamento dessa situação e a definição de microrganismos prioritários a serem monitorados sejam planejadas não apenas com base nos dados epidemiológicos mundiais, mas também de acordo com o perfil epidemiológico e a realidade local.⁶⁶ Cada hospital deve identificar medidas adequadas de sucesso para esses programas.⁶⁷ Os estudos indicam que são facilitadores da implementação de intervenções de *stewardship* em hospitais: satisfação de pacientes, ações educativas para profissionais de saúde e pacientes, infraestrutura adequada, envolvimento dos profissionais de saúde na tomada de decisão e uma equipe multidisciplinar integrada, relações de trabalho que propiciam um ambiente seguro para a prática clínica, integração de sistemas eletrônicos, qualidade dos serviços de laboratório e financiamento e planejamento com apoio da gestão.⁶⁸

Considerando todos os cuidados que devem ser tomados para a indicação de uso de antibióticos, verifica-se que há necessidade de estratégias que aumentem a qualidade da prescrição dessas medicações, conceito sobre o qual este trabalho irá se debruçar daqui em diante.

A qualidade das prescrições médicas tem um papel essencial na redução ou no aumento das taxas de resistência bacteriana, visto que essas prescrições têm o poder de preservar a efetividade dos fármacos antimicrobianos disponíveis,⁶⁹ e o problema de inadequações de prescrição de antibióticos é uma preocupação mundial.³³ Estudos internacionais mostraram que frequentemente prescrições de antibióticos são consideradas inadequadas.^{70,71} Um estudo realizado na China concluiu que 63% dos antibióticos selecionados para tratar infecções bacterianas comprovadas foram considerados inadequados, e a falta de conhecimento do médico prescritor foi o fator principal para o mau uso dos agentes antinfeciosos.⁷² De modo geral, os profissionais da medicina precisam aprender a ser mais precisos em tratar os patógenos e limitar o uso

indiscriminado dos antibióticos e de outras práticas que acelerem a emergência de novos mecanismos de resistência,⁷³ além de buscar melhorias no modo como se prescrevem antimicrobianos a pacientes.⁷⁴

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS),⁷⁵ entende-se que há uso racional de medicamentos quando pacientes recebem medicamentos apropriados para suas condições clínicas, em doses adequadas às suas necessidades individuais, por um período adequado e ao menor custo para si e para a comunidade. Dentro desse contexto, as unidades de tratamento intensivo merecem especial atenção.⁷⁶⁻⁷⁸

A gravidade dos pacientes internados em UTI, a natureza e intensidade dos cuidados, com necessidade frequente de procedimentos invasivos, a maior possibilidade de transmissão cruzada de agentes infecciosos, a maior susceptibilidade de colonização e infecção por patógenos resistentes, dentre diversos outros fatores, tornam o ambiente da UTI único. Pacientes com doenças e com lesões ameaçadoras à vida, admitidos em unidades de tratamento intensivo, requerem monitoramento constante, suporte de equipamentos e de medicações, maior razão funcionários-paciente, com custos estimados 2,5 vezes mais altos que qualquer outro setor de um hospital.⁷⁹ Trabalhos sobre avaliação do consumo de antimicrobianos confirmam que a UTI é o setor hospitalar com maior frequência de utilização.⁸⁰⁻⁸³ Entretanto, resultados de estudos indicam que 30% a 60% dos antibióticos prescritos em UTIs são desnecessários, inadequados ou subótimos.⁸⁴⁻⁸⁷ As taxas de utilização, os custos decorrentes do uso e as consequências do uso irracional precisam ser reduzidos com a instituição de protocolos, de vigilância contínua e de políticas de restrição da antibioticoterapia.⁸⁸

As diretrizes clínicas para o uso de antibióticos são essenciais para definir o uso responsável no contexto local e são um dos elementos principais dos programas de

gerenciamento de antibióticos.^{89,90} Para minimizar a diversidade de tratamento e o uso inadequado de antimicrobianos, os prescritores devem estar cientes de que um tratamento empírico de amplo espectro não resulta em tratamento mais eficaz, mas aumenta a seleção da resistência antimicrobiana.⁹¹ Envolver os prescritores no desenvolvimento de políticas de gerenciamento, fornecer resposta de retorno sobre suas prescrições e aprimorar as plataformas existentes de colaboração e de suporte a decisões pode melhorar ainda mais o uso criterioso de antibióticos.⁹²⁻⁹⁵ Dessa forma, intervenções como restrição de antibióticos, protocolos de descalonamento, diretrizes de antibioticoterapia, implementação de suporte para decisão e consulta formal ao infectologista devem fazer parte de um esforço multidisciplinar para melhorar a conformidade com as diretrizes locais de tratamento antimicrobiano.⁹⁶

Há boas evidências de que o envolvimento do médico infectologista em programas de gerenciamento de antibióticos melhora o uso de antimicrobianos, impacta positivamente nos resultados clínicos e reduz os custos gerais da terapia antimicrobiana.⁹⁷⁻⁹⁹ A experiência e habilidade no manejo de doenças infecciosas são consideradas essenciais para o sucesso do programa de gestão antimicrobiana hospitalar, principalmente no desenvolvimento de políticas e diretrizes de prescrição de antimicrobianos, auxílio na tomada de decisões quanto à escolha da terapia e estabelecimento e operacionalização de sistemas de auditoria de antimicrobianos.¹⁰⁰ Pela própria natureza da especialidade de doenças infecciosas, a maior prática na racionalização e manejo no uso de antibióticos e a ênfase na segurança do paciente, o valor do médico infectologista é único, e os esforços para fortalecer e aprimorar sua força de trabalho devem ser incentivados.^{101,102}

1.2. Gestão do uso de antimicrobianos utilizando tecnologia de informação e comunicação

Gerenciamento de informação é fundamental na assistência em serviços de saúde.¹⁰³ A fragmentação da responsabilidade do cuidado ao paciente dentro de um hospital, além do volume de operações necessárias nesse sistema de assistência e a necessidade de integrar evidências científicas atuais fazem com que o gerenciamento não informatizado seja uma forma difícil e limitada de controle. A tecnologia de informação e comunicação (TIC) em saúde tem o potencial de melhorar o desempenho dos provedores, impactando tanto na qualidade quanto nos custos da assistência ao paciente¹⁰⁴ e tem muito a oferecer ao processo de manejo de antimicrobianos por meio da prevenção de infecções, uso racional de antibióticos e vigilância de bactérias multirresistentes.¹⁰⁵⁻¹⁰⁷ Contudo, apesar da evidência desses benefícios, o uso de TIC em saúde e os registros eletrônicos por clínicos e hospitais ainda é baixo e desigual.¹⁰⁸

A incorporação das tecnologias de informação no sistema de atenção aos pacientes em função do acompanhamento clínico começou a acontecer no Brasil na década de 1990.¹⁰⁹ Seguindo o progresso técnico da Informática em Saúde, houve uma alteração quanto à finalidade dos sistemas de informações hospitalares, que passaram a servir de apoio para a tomada de decisões que visam melhorar o fluxo hospitalar e o atendimento aos pacientes. A internet, o Registro Eletrônico de Saúde, o Prontuário Eletrônico do Paciente, a Telesaúde e plataformas de bancos de dados restritos ou abertos são exemplos de meios que permitem a circulação e a disseminação da informação em serviços de saúde.¹⁰⁹

Um projeto instituído pela ANVISA no ano de 2004 merece atenção especial: o Sistema Nacional de Informações sobre Controle de Infecções em Serviços de Saúde (SINAIS), *software* desenvolvido e distribuído pela agência como ferramenta de

vigilância de IRAS. No entanto, apesar de ter estado disponível por quatro anos, houve pouca aderência ao seu uso e a manutenção do sistema acabou sendo interrompida.¹¹⁰

O progresso técnico da sociedade moderna e as demandas atuais que necessitam de mobilidade para obtenção de informações, para tomada de decisões e para controle de processos trouxe a oportunidade de disponibilizar o acesso a funções e a informações através de dispositivos móveis. A computação móvel pode ser representada como um novo paradigma computacional permitindo que usuários desse ambiente tenham acesso a serviços, independentemente de sua localização. De forma mais técnica, é um conceito que envolve processamento, mobilidade e comunicação sem fio. A ideia é ter acesso à informação em qualquer lugar e a qualquer momento.¹¹¹⁻¹¹³

O grande desafio de gerenciamento de uso de antimicrobianos usando TIC é encontrar estratégias que funcionem de acordo com a característica do hospital. Espera-se que cada hospital desenvolva seu programa de manejo de antimicrobianos e, combinado com a prevenção de infecções, aprimore uma abordagem colaborativa e multidisciplinar para otimizar o uso de antibióticos.¹¹⁴⁻¹¹⁶

Uma revisão sistemática de 81 estudos sobre a efetividade de um sistema informatizado de apoio à decisão sobre o uso de antibióticos em hospitais concluiu que, após o uso eficiente da TI, houve maior adequação de cobertura antibiótica, declínio da mortalidade, redução no volume de antibiótico utilizado, menor duração de internamento, redução do custo com antibióticos, maior adequação a protocolos e impacto na resistência antimicrobiana.¹¹⁷

Sistemas informatizados que disponibilizam acesso a dados de microbiologia local para decisão de uso de antimicrobianos mostraram que a rapidez de acesso e a facilidade de instrumentos de interpretação de dados microbiológicos que auxiliem os médicos a selecionarem o tratamento antibiótico aumentam o percentual de pacientes com terapia

empírica inicial apropriada.¹¹⁸ Durações limitadas da aprovação teriam incentivado os médicos a avaliarem com mais cuidado a necessidade de antibióticos restritos, a selecionarem antibióticos de espectro mais estreito, sempre que possível, e a diminuir a duração da terapia.^{119,120}

Seguindo as tendências atuais de crescente necessidade de acesso móvel à informação, de controle de processos e de tomada de decisões sem o limitador espacial, aplicativos móveis mostraram-se efetivos no âmbito da assistência à saúde.¹²¹⁻¹²² As demandas do médico infectologista requerem mobilidade para obter informações e tomar decisões, portanto, a tecnologia da informação em saúde tem potencial para melhorar a qualidade dessa assistência.^{123,124} O uso de ferramentas tecnológicas para o controle de antibióticos também é uma modalidade também foi considerada modalidade educativa viável, reestruturando também o comportamento do médico prescriptor de outras especialidades.^{125,126}

Um sistema com qualidade deve ter a capacidade de ser rápido, de ser amigável, com o registro eletrônico possuindo uma interface gráfica que é familiar ao usuário; de ser flexível, o que permite a personalização do estilo de documentação, facilitando o acesso às informações necessárias para os profissionais envolvidos no uso delas; de melhorar o fluxo de trabalho, com o aumento da eficiência e da efetividade; e de melhorar a documentação, ou seja, o usuário do sistema percebe essa melhora devido à clareza e à legibilidade da informação.¹²⁷

Apesar da descrição na literatura de alguns sistemas computadorizados para uso de antimicrobianos, como aplicativos para auxiliar médicos a melhorar as prescrições de antibióticos, serviços da *web* para decisão médica e gerenciamento de antibióticos, alguns utilizando dados microbiológicos, sistemas computadorizados de autorização de antibióticos, programas de orientação de antimicrobianos empíricos baseados em banco

de dados e ferramentas para melhorar fluxo e documentação dos serviços de farmácia clínica,¹¹⁷⁻¹²⁸ esses não são um tipo de produto facilmente adquirido. E ainda, não possuem todos os recursos agrupados em um só programa que atenda às exigências locais e particularidades de um hospital público.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um sistema informatizado de apoio à prescrição e à gestão do uso de antibióticos no ambiente hospitalar capaz de fornecer suporte à decisão, revisão das prescrições e *feedback*, relatórios e alertas laboratoriais e farmacêuticos além de vigilância de microrganismos multirresistentes, permitindo que um médico infectologista tenha acesso remoto a todo o processo.

II. OBJETIVOS

2.1. Geral

Desenvolver o protótipo de uma ferramenta tecnológica de apoio à prescrição e ao monitoramento de uso de antimicrobianos.

2.2. Específicos

- Modelar e implementar interface de integração entre médico prescritor, médico infectologista, farmacêutico e microbiologista.
- Desenvolver uma interface gráfica em que a inserção de informações clínicas do paciente indique o tratamento antimicrobiano baseado em protocolos de antibioticoterapia empírica gerenciados por infectologista.
- Desenvolver um módulo de triagem automática para as novas prescrições de antibióticos, direcionando-as para revisão.
- Incorporar no sistema ferramenta para vigilância em tempo real das escolhas antimicrobianas, com acesso remoto, via aplicativo de celular, pelo infectologista, e geração de alertas com base na não conformidade da prescrição.
- Implementar interface que permita adaptação do esquema antibiótico de acordo com o resultado da bacteriologia

III. MÉTODOS

3.1. Desenho do estudo

Estudo exploratório, experimental, de natureza tecnológica, que visou à solução de um problema da carência de uma ferramenta automatizada através do desenvolvimento de um protótipo, capaz de integrar módulos de apoio à prescrição médica, à vigilância em tempo real das escolhas antimicrobianas, à interação com o microbiologista e com o farmacêutico clínico, com gerenciamento de estoque de antibióticos de uma instituição hospitalar. Para realização da pesquisa e, conseqüentemente, para o desenvolvimento da aplicação, técnicas de Engenharia de *Software* foram empregadas no processo de desenvolvimento do sistema.

3.2. Local do estudo

Todas as etapas de desenvolvimento da aplicação aconteceram no Núcleo de Tecnologia Estratégica em Saúde (NUTES), pertencente à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), na cidade de Campina Grande, no mesmo estado, em parceria da pesquisadora com dois especialistas de Engenharia de Software e de Ciências da Computação.

3.3. Período do estudo

O estudo foi desenvolvido entre abril de 2018 e fevereiro de 2020.

3.4. Etapas da pesquisa e elaboração do protótipo

Durante o planejamento do sistema de informação, as seguintes fases foram seguidas, para garantir sua qualidade.

2.6.1 Análise de requisitos

2.6.2 Projeto e especificação

2.6.3 Desenvolvimento

2.6.4 Entrega do protótipo

3.4.1 Análise de requisitos

Na fase de conceituação do projeto, ao se avaliar a assistência aos pacientes internados tanto em enfermaria como em Unidade de Terapia Intensiva de adultos, notaram-se grandes dificuldades de escolha de tratamento antibiótico, vulnerabilidades das avaliações clínicas e de adequação aos protocolos antimicrobianos instituídos, comparando com o resultado desejado, problemas de comunicação entre as equipes de cuidado e dificuldade no controle e auditoria do uso de antimicrobianos.

Para a idealização do sistema de informação, foi fundamental determinar, com clareza, o problema e o objetivo a ser atingido. O trabalho como infectologista que a pesquisadora exerce e a rotina como integrante de Serviços de Controle de Infecção Hospitalar (SCIH) foram a base para a identificação das dificuldades quanto à prescrição e controle de antibióticos. Os médicos, frequentemente, precisam iniciar de forma empírica ou seja antes que os resultados das culturas bacterianas e dos testes de sensibilidade aos antibióticos estejam disponíveis. O retorno dos resultados da microbiologia e o cumprimento de critérios clínicos devem levar a uma revisão da terapia antimicrobiana e a consideração sobre a necessidade de otimizar ou descalonar o esquema terapêutico.

Os pacientes com diagnóstico presumido ou confirmado de infecção são conduzidos e tratados de acordo com a experiência e com o conhecimento de cada médico

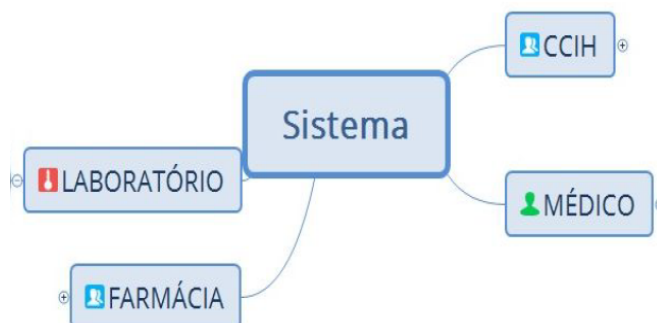
individualmente, apesar de existir um protocolo institucional, elaborado pelo SCIH, para guiar e normatizar este atendimento, baseado no conhecimento científico vigente, da microbiota local e da resistência aos antimicrobianos. A forma de divulgação dos protocolos de antibioticoterapia (empírica e guiada por cultura) é, em muitos serviços, um documento em papel e esses impressos por vezes encontram-se guardados em pastas juntamente com demais formulários de uso diário.

A forma de controle de uso dos antibióticos, realizada por farmacêutico e auditada por infectologista do SCIH, frequentemente se dá pela liberação dos medicamentos antinfeciosos através do preenchimento manual de uma ficha com os principais dados sobre o paciente e sua condição clínica e uma previsão de dias de antibioticoterapia. Contudo, a análise das fichas de liberação de antibióticos é falha, devido à falta de informações essenciais que não são preenchidas pelo médico prescritor e a dificuldade de limitar ordens de aprovação de antibióticos de uso restrito utilizando formulários não informatizados. Dessa forma, foi necessário refletir como elaborar uma estratégia de controle dos antimicrobianos visando otimizar a qualidade da prescrição inicial, evitando erros de escolha e posologia, assim como o controle e auditoria dos antibióticos usados no hospital, envolvendo prescrições fora dos protocolos, antibioticoterapia mais longa que o necessário, ajuste de dose para obesos e para insuficiência renal ou hepática.

Logo após o conhecimento dos principais problemas na rotina de quem faz gestão de antimicrobianos e controle de IRAS, foi realizado um levantamento de possíveis intervenções, que serviram de base para a criação do novo modelo do processo de atendimento em questão. Foi elaborada, então, a proposta de desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica multidisciplinar capaz de integrar, de maneira rápida e eficaz, todos os setores responsáveis pela prescrição, liberação, controle e auditoria do uso de

antibióticos no ambiente hospitalar e construído um [Mapa mental](#) (Diagrama 1) que pode ser visualizado detalhadamente através do *link* acima ou na versão impressa constando como Apêndice 2.

Diagrama 1. Representação do sistema no mapa mental



O sistema foi idealizado para ser utilizado por uma equipe multidisciplinar com competência para colaboração interdisciplinar. As propostas iniciais foram: substituir o formulário em papel de pedido de liberação de antibióticos de uso restrito por um modelo informatizado, integrando nesse formulário uma ferramenta de suporte à decisão terapêutica e modificar a forma de trabalho do infectologista em relação ao gerenciamento do uso de antibióticos.

Para a primeira proposta, centrada no momento da escolha do antibiótico, a ideia foi que o médico prescritor tivesse acesso ao maior número de informações possível: lista de drogas padronizadas na instituição, quantidade disponível em estoque, interações medicamentosas do antibiótico escolhido com outras

medicações, protocolos e diretrizes de antibioticoterapia empírica, resultados parciais e finais dos resultados microbiológicos e opinião do médico infectologista acerca de sua escolha terapêutica. Portanto, promover o fluxo de informação entre as equipes.

Para a segunda proposta, centrada no alcance do trabalho do infectologista, a ideia foi que a informação, o conhecimento, a comunicação e a ação fossem inseridos em um processo dinâmico, eficiente, coordenado e vigiado.

Cada um dos membros da equipe multidisciplinar responsável pelo gerenciamento do uso de antibióticos com funções distintas como o médico prescritor, a farmácia hospitalar, o laboratório de análises clínicas e microbiológicas, o SCIH e o infectologista teriam permissões em telas específicas no ambiente virtual proposto.

Inicialmente, realizou-se a revisão da literatura de outros sistemas de prescrição facilitada, de auditoria de antimicrobianos e de programas de uso racional de antibióticos, utilizando TI afim de destacar os conceitos imprescindíveis para a criação do protótipo. Adicionalmente, procedeu-se uma busca nas bases de dados Cochrane, SCIELO, MEDLINE via PubMed e LILACS, para colher evidências suficientes com fins a guiar todas as condutas estabelecidas para a aplicação tecnológica.

Seguiu-se, então, o planejamento do projeto, etapa em que, após avaliados com clareza os problemas da assistência ao paciente internado, foram discutidas com a equipe de desenvolvedores de sistema ideias inovadoras para a otimização do processo de prescrição e controle antimicrobiano.

Infectologista e engenheiros de *software* elaboraram um documento de visão geral, com o objetivo de coletar, de analisar e de definir as características do sistema de controle

de antimicrobianos (Diagrama 2). O foco se deu nas potencialidades requeridas pelo desenvolvedor e pelos usuários-alvo, e como estes requisitos seriam abordados, fornecendo a todos os envolvidos uma descrição compreensível deste e de suas macro-funcionalidades.

Diagrama 2. Visão geral do sistema



A seguir são descritas as principais necessidades e funcionalidades requeridas pelas partes interessadas, relacionando a cada ator.

Necessidade 1: Controle de estoque de antimicrobianos pela farmácia. Descrição das funcionalidades (F).

F1.1 Cadastrar antimicrobianos.

Farmácia - Fornece os dados solicitados pelo sistema (nome da medicação, forma de apresentação da droga, quantidade disponível para uso e observações).

F1.2 Pesquisar antimicrobiano.

Farmácia - Seleciona a ordenação que

deseja. Sistema - Retorna o possível elemento encontrado.

F1.3 Listar antimicrobianos.

Farmácia - Fornecer o nome do

antimicrobiano. Sistema - Retorna lista ordenada conforme escolhido.

F1.4 Pesquisar fichas de liberação de antimicrobianos.

Farmácia - Fornece o nome do

paciente. Sistema - Retorna a possível ficha encontrada.

F1.5 Listar fichas de liberação de antimicrobianos.

Farmácia - Seleciona a ordenação que

deseja. Sistema - Retorna lista ordenada conforme escolhido.

F1.6 Liberar doses.

Farmácia - Marca a caixa de seleção correspondente à dose liberada para uma determinada ficha de solicitação de antimicrobianos.

Sistema - A cada dose liberada, o sistema reduz a quantidade do total de unidades do medicamento disponível em estoque. Gera alerta quando o estoque atinge quantidade crítica. Gera alerta quando o tempo de tratamento proposto pelo médico prescritor estiver acima do padrão estabelecido em protocolo. Gera alerta quando o tratamento antibiótico for finalizado.

F1.7 Alterar dados dos medicamentos.

Farmácia - Pesquisa um antimicrobiano existente e fornece dados atualizados para este.

F1.8 Excluir antimicrobianos

Farmácia: Pesquisa um antimicrobiano existente e solicita ao sistema a exclusão deste.

Necessidade 2: Controle de antimicrobianos por infectologista. Inserir dados sobre controle de infecção relacionados à assistência à saúde.

Infectologista - Seleciona o tipo de dado a ser inserido, fornece as informações e clica em salvar. Descrição das funcionalidades:

F2.1 Listar, cadastrar, remover e editar árvore de infecções.

F2.2 Listar, cadastrar, remover e editar antimicrobianos sugeridos para cada infecção.

F2.3 Listar, cadastrar, remover e editar infecções.

F2.4 Listar, cadastrar, remover e editar microorganismos.

F2.5 Listar, cadastrar, remover e editar notas à prescrição.

F2.6 Suspende antimicrobiano de uma prescrição.

F2.7 Classificar a prescrição como “adequada” ou “pouco adequada”.

F2.8 Finalizar prescrições mediante uma justificativa.

F2.9 Visualizar histórico de uma prescrição.

F2.10 Analisar prescrições de antimicrobianos fora do protocolo.

F2.11 Finalizar prescrições

F2.12 Analisar prescrições de antimicrobianos que não correspondam ao protocolo.

Sistema - Envia à infectologista a prescrição de antimicrobianos imediatamente após a submissão realizada pelo médico prescriptor.

Infectologista - Marca a caixa de “adequada” ou “não adequada”.

F2.13 Avaliação de caso em tempo real. Médico - Selecciona a opção

“Fale com a Infecto”, preenche o formulário e, em seguida, clica em enviar.

F2.14 Avaliar caso.

Infectologista – Envia sua resposta ao médico usando o aplicativo móvel.

F2.15 Agrupar dados.

Infectologista – Seleccionada o tipo de conjunto de dados que necessita e como precisa que seja apresentado: quadro ou gráfico.

Necessidade 3: Preenchimento de fiche prescrição pelo médico. Descrição das funcionalidades:

F3.1 Incluir nova prescrição e ficha de liberação de antimicrobiano.

Médico - Selecciona a opção “nova prescrição”. Preenche todos os dados requeridos: nome do paciente, sexo, idade, nome da mãe, número do prontuário.

F3.2 Prescrever antimicrobiano.

Médico - Selecciona se a prescrição é baseada em dados de cultura microbiológica ou iniciada empiricamente. Selecciona se é caso de abertura de protocolo sepsis. Selecciona se a infecção é de origem comunitária ou hospitalar. Selecciona o foco da infecção: respiratório, gastro- intestinal, urinário/genital, pele/partes moles, cardiovascular, sistema nervoso, oftalmológico, otorrinolaringológico, osteo-articular, indeterminado. Selecciona o tipo de infecção dentre as possíveis, de acordo com o foco seleccionado anteriormente. Selecciona se é caso de infecção associada a procedimento cirúrgico. Se sim, preenche nome do cirurgião responsável e seus auxiliares, se a cirurgia foi urgente ou eletiva e o grau de contaminação do

procedimento. Seleciona os dispositivos invasivos utilizados pelo paciente. Clica no ícone “prescrever antimicrobiano”.

Sistema - Sugere antimicrobianos de acordo com o protocolo.

F3.3 Pesquisar prescrições e fichas.

Médico - Fornece o nome do paciente.

Sistema - Retorna o possível elemento encontrado.

F3.4 Listar prescrições e fichas.

Médico - Seleciona a ordenação que deseja.

Sistema - Retorna lista ordenada conforme escolhido.

F3.5 Pesquisar protocolo.

Médico - Seleciona o foco da infecção.

Sistema -Retorna uma lista de antimicrobianos, posologia e tempo de tratamento sugeridos para o foco de infecção selecionado.

F3.6 Alterar dados de prescrição e ficha de liberação.

Médico - Pesquisa uma prescrição/ficha existente, fornece dados atualizados para esta selecionando a opção “editar” e em seguida clica em “enviar”.

Sistema - Se a alteração não seguir o protocolo cadastrado, o sistema envia para a avaliação do infectologista. Em caso de adequação ao protocolo, o sistema envia para a farmácia, que substituirá a versão antiga.

F3.7 Alertar sobre término de tratamento.

Sistema - A partir da marcação da penúltima dose liberada pela farmácia, o sistema gera alertas ao médico prescritor. Médico - Recebe alerta em sua página indicando quais tratamentos estão prestes a ser finalizados.

F3.8 Alertar sobre avaliação de prescrição fora do protocolo.

Médico - Recebe alerta em sua página com a avaliação da infectologista.

Necessidade 4: Inserção de resultados de exames pelo laboratório. Descrição das funcionalidades:

F4.1 Inserir dados sobre controle de infecção relacionados à assistência à saúde.

Laboratório - Seleciona “Novo Exame”, preenche os campos obrigatórios e clica em enviar.

F4.2 Recebe pedido de resultado parcial das culturas.

F4.3 Libera resultados parciais e finais das culturas.

Necessidade 5: Cadastro de usuários. Descrição das funcionalidades:

F5.1 Cadastrar usuários.

Infectologista – Cadastra o profissional de saúde fornecendo os dados necessários.

F5.2 Definição de senha do usuário.

Sistema – Envia senha para o endereço eletrônico do novo usuário, redireciona para a página do sistema e solicita a redefinição de senha.

No Apêndice I estão os fluxogramas que detalham a execução das funções citadas anteriormente.

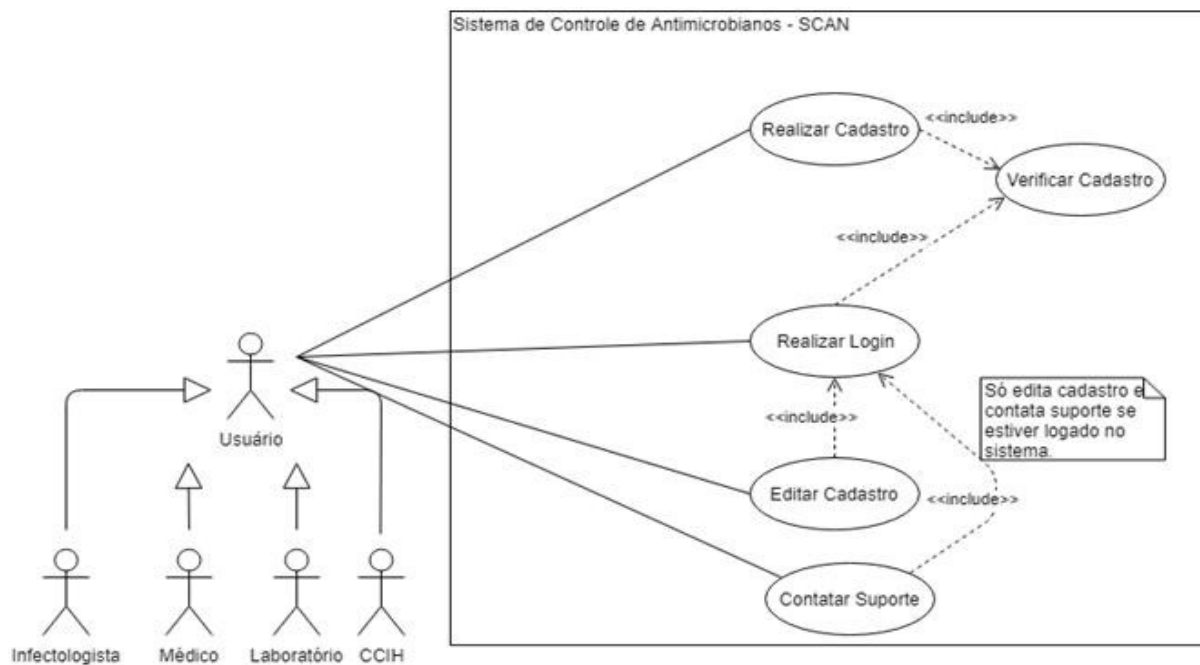
3.4.2. Projeto e especificação

O planejamento para a disposição do conteúdo na interface do *software* se deu mediante a criação de diagramas de casos de uso, os quais, de acordo com a linguagem de modelagem unificada UML (do inglês, *Unified Modeling Language*), tem a finalidade de especificar a dinâmica do sistema em construção.

Os atores foram representados por homens-palito, representando os papéis desempenhados pelos diversos usuários. Os casos de uso foram representados por

elipses com um texto curto (verbo e objeto), dentro, descrevendo a funcionalidade do caso em uso. As retas (direcionadas ou não) ligam o ator ao caso de uso e demonstram que este utiliza a função, requisitando a execução desta ou recebendo o resultado produzido pela função, com base em esboços criados pela autora do estudo. Esses esboços foram desenhados com a finalidade de fornecer um delineamento inicial da área gráfica de interação do sistema.

Diagrama 3. Casos de Uso : Cadastro Usuários



A tela inicial consiste no cadastramento dos usuários. Respeitando as regras de segurança de dados, definiu-se o infectologista como administrador do sistema, representado no diagrama 1 como "usuário", que preencherá o cadastro com informações pessoais dos demais usuários (outros infectologistas, médicos intensivistas, farmacêuticos e atendentes da farmácia hospitalar, membros do SCIH

do hospital - representado no diagrama como CCIH), gerando *login* e senha provisória para primeiro acesso.

A aplicação permite que as informações fornecidas por todos os usuários do sistema interajam com rapidez e com eficiência. Cada usuário tem um perfil definido, em uma sequência de uso coordenada, com troca segura de informações. As funções e permissões dos usuários do sistema estão listadas a seguir:

Usuário laboratório: permissão para cadastrar e listar exames. Médico prescritor e médico infectologista acessam resultados para auxílio a tomada de decisões. O médico prescritor pode enviar um pedido ao laboratório solicitando as culturas e acompanhando os resultados provisórios

Usuário farmácia: cadastra lista de antimicrobianos padronizados no hospital e controla estoque.

Usuário infectologista: cadastra novos usuários, cadastra protocolos de antibioticoterapia empírica baseados em dados e relatórios elaborados pelo serviço de controle de infecção hospitalar.

Usuário médico: preenche informações pessoais e clínicas sobre o paciente e escolhe o tratamento antibiótico cadastrado como “sugestão da infectologista”, opta por outra opção dentre os antibióticos disponíveis, acessa os protocolos de antibioticoterapia empírica com base em evidências ou requer contato direto com o infectologista por meio de uma caixa de diálogo.

Diagrama 4. Casos de uso: Geral

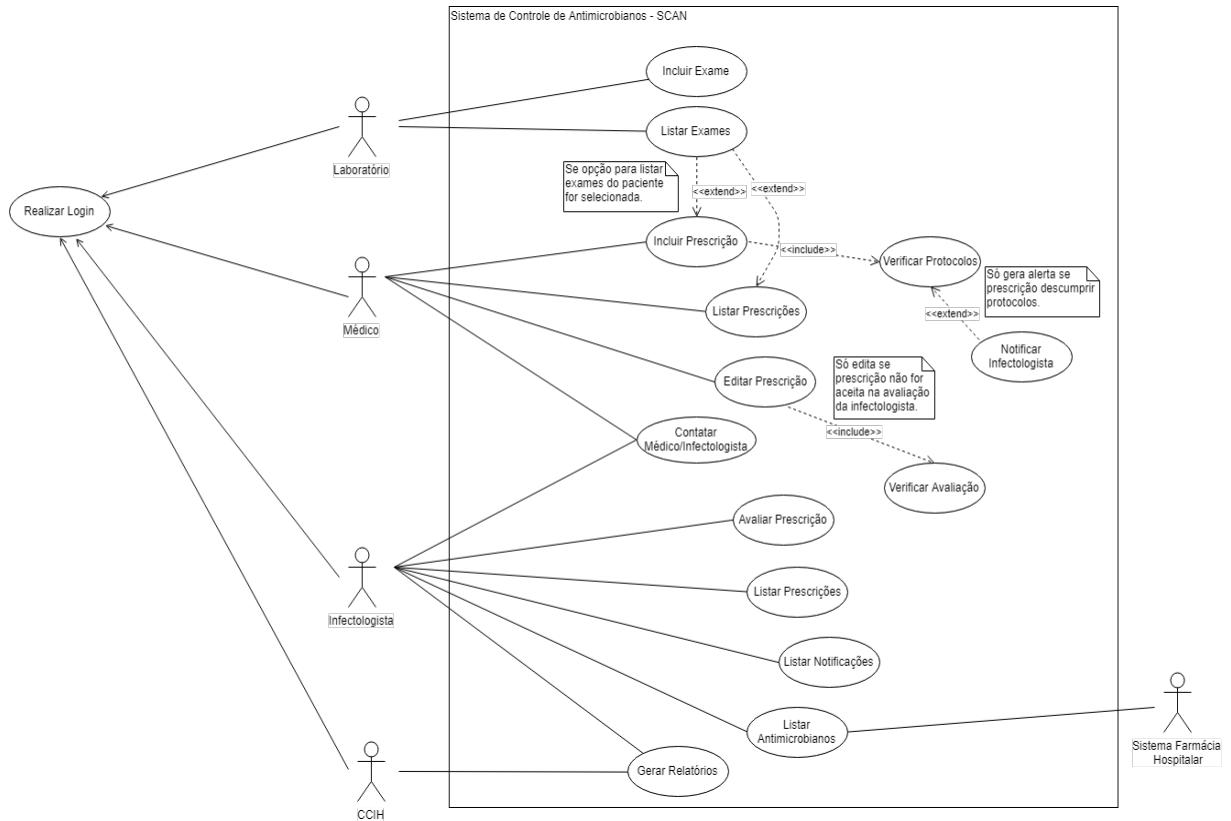
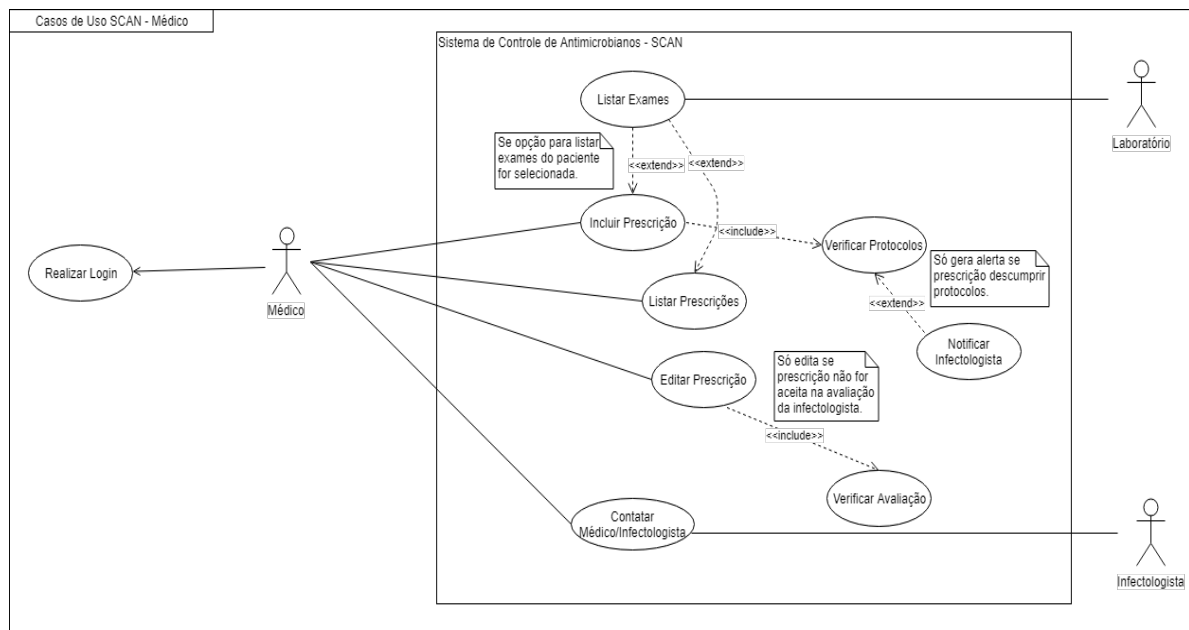


Diagrama 5. Casos de Uso: Médico



3.4.3. Desenvolvimento

O sistema foi desenvolvido em linguagem de programação *Object Pascal*, através da Plataforma da *Embarcadero Delphi*, que é o ambiente integral para o desenvolvimento da aplicação, facilitando a criação de procedimentos com baixo acoplamento e alta coesão e visando a uma aplicação compatível com diversas plataformas com suporte a computadores de mesa e a portáteis, assim como telefones celulares com tecnologias avançadas. O sistema deverá ser instalado em cada computador a ser utilizado, assim como em dispositivos móveis. Para algumas funções do sistema, será requerido acesso à *internet*. Optou-se por utilizar o banco de dados *FireBird*. A alocação dos dados no Firebird é dinâmica, ou seja, a medida que os dados são inseridos os arquivos do banco crescem no disco. No entanto, quando uma informação é removida, o servidor reaproveita o espaço com novos dados. A criação de serviços simples, que combinados, ofereçam a funcionalidade desejada também influenciou a escolha do estilo arquitetural da aplicação.

Microserviços são um tipo inovador de arquitetura de software, que consiste em construir aplicações desmembrando-as em serviços independentes, que se comunicam e promovem grande agilidade em termos de desenvolvimento. Três motivações principais levaram à adoção da abordagem de microserviços nesse projeto, e duas estão relacionadas à adoção de computação em nuvem. Em primeiro lugar, a computação em nuvem favorece a escalabilidade da aplicação, e os microserviços permitem um ajuste ótimo da variação de recursos computacionais para se adequar à flutuação da demanda. A segunda motivação está relacionada à necessidade de realizar alterações constantes na aplicação. Os

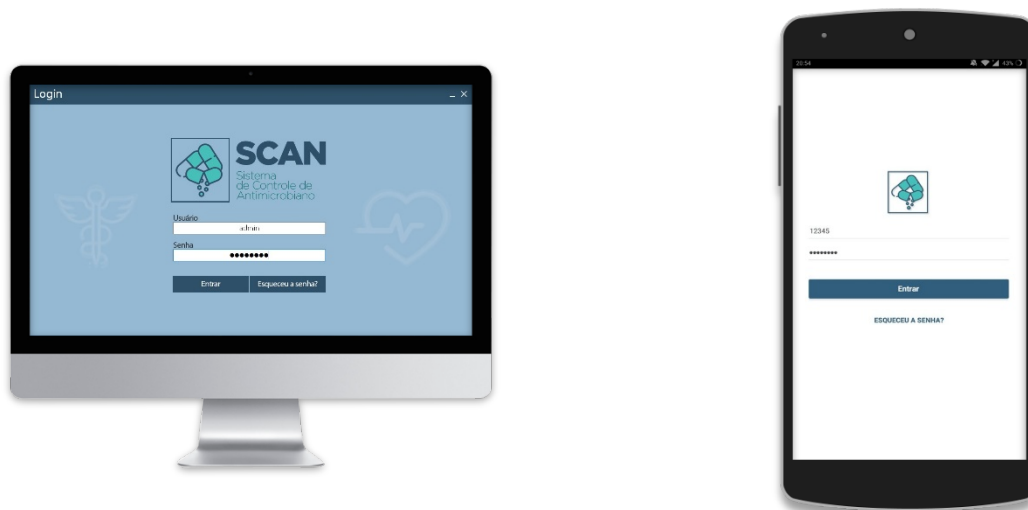
microserviços permitem atualizar apenas as funcionalidades alteradas, sem precisar mexer no restante da aplicação. A terceira motivação para a adoção de microserviços está relacionada à tolerância a falhas proporcionada por um modelo distribuído. Em uma aplicação única, uma falha em uma determinada funcionalidade pode acarretar a indisponibilidade da aplicação como um todo. No modelo escolhido, uma falha em uma determinada funcionalidade não implica na parada das outras funcionalidades disponíveis.

Durante todas as etapas de desenvolvimento, atentou-se para a ergonomia, considerando escolhas adequadas em relação à resolução e ao brilho da tela do *hardware*, a seleção de cores para a interface do *software*, melhor interação possível homem-máquina atentando para o desenho do diálogo, para os métodos de entrada e para a consistência dos dados. A fim de garantir a consistência na aparência da informação da tela e no uso do sistema, além de serem atendidos os critérios de consistência de seleção de cores padrão para indicar *links*, também houve preocupação com a determinação de um diagrama básico para as telas, com a criação de ícones relacionados com cada módulo do sistema, com um projeto padrão de formatação consistente em todas as telas da interface, com o registro indicado pelo canto superior esquerdo e com a simetria e balanço no uso dos espaços em branco.

Está disponível para computadores de mesa e para aparelhos de telefonia móvel que usam o sistema *Android*. (Figura 1). A arquitetura do sistema promove um filtro sobre os usuários que detêm o acesso à aplicação. O programa apresenta tela de identificação só acessada por utilizadores cadastrados previamente. Adicionalmente, o programa também detém níveis de permissões a cada usuário, que são filtrados dependendo da sua função no sistema, por exemplo, atendentes

da farmácia não podem cadastrar ou modificar estoque de medicamentos, porém os gerentes têm a permissão de realizar essa função.

Figura 1. Telas em computador de mesa e celular



O SCAN é composto por quatro menus: *Menu Infectologista*, *Menu Médico Prescritor*, *Menu Farmácia* e *Menu Laboratório* (Figura 2). Em cada um deles, existem ícones que favorecem o diálogo com o usuário. Eles direcionam os profissionais de saúde para as áreas de interesse exclusivas de cada perfil.

Os botões acessíveis para o infectologista são: *protocolo*, *prescrições*, *antimicrobianos*, *cadastrar usuários*. Para o médico prescritor: *nova prescrição*, *histórico de atendimento*, *antimicrobianos*. Para o microbiologista do laboratório: *adicionar exames*. Para o farmacêutico: *prescrições*, *antimicrobianos*.

Em todos os écrans, foi adicionado um botão de suporte a fim de que sejam enviadas à equipe de TIC as solicitações de ajuda que forem necessárias, como dificuldade de acesso, senhas esquecidas e demais problemas técnicos, e um botão para sair do sistema.

Figura 2. Menus do SCAN



A tela de login (Figura 3) é responsável por permitir o acesso de um usuário ao sistema. Ao preencher os campos referentes ao nome e senha, o sistema abre um menu específico para cada tipo de usuário.

Em se tratando do uso da aplicação pelo médico prescriptor, o usuário é direcionado para a tela de boas vindas (Figura 4), onde se encontram ícones para iniciar nova prescrição, visualizar histórico de atendimentos, além da opção do “chat” com infectologista ou pedido de suporte para a equipe técnica em caso de problemas de acesso ou de uso da ferramenta tecnológica.

Ao optar por realizar nova prescrição, uma tela com informações pessoais básicas como nome, sexo, idade, número do prontuário e leito em que o paciente se encontra deve ser preenchida (Figura 5). Há também um campo editável para preenchimento de informações referentes ao histórico clínico do paciente caso o médico julgue importantes para registro e análise quanto à escolha terapêutica. Durante os usos sequenciais do SCAN para o mesmo paciente, não há necessidade de novo cadastro. A lista de pacientes

cadastrados à esquerda da tela (Figura 6) permite que o profissional selecione o paciente para qual deseja inserir uma nova prescrição.

A figura 7 representa a tela em que as informações clínicas essenciais são cadastradas. Dados utilizados para o suporte à decisão terapêutica: origem da infecção (comunitária ou hospitalar), sítio anatômico da infecção, fatores de risco para infecção por bactéria resistente, dispositivos invasivos e procedimentos cirúrgicos que possam ter sido necessários e se a indicação de tratamento antimicrobiano é empírica ou baseada em resultado de testes microbiológicos.

A solução tecnológica permite acesso mais rápido a exames laboratoriais e a resultados microbiológicos, à lista de antibióticos em estoque na farmácia (e à quantidade destes), além da fonte de apoio à decisão, em um esforço coordenado e cooperativo. O intercâmbio de informações é válido para auxiliar a tomada de decisões, para fins de pesquisa e de avaliação, assim como educação permanente dos profissionais.

Figura 3. Tela de login

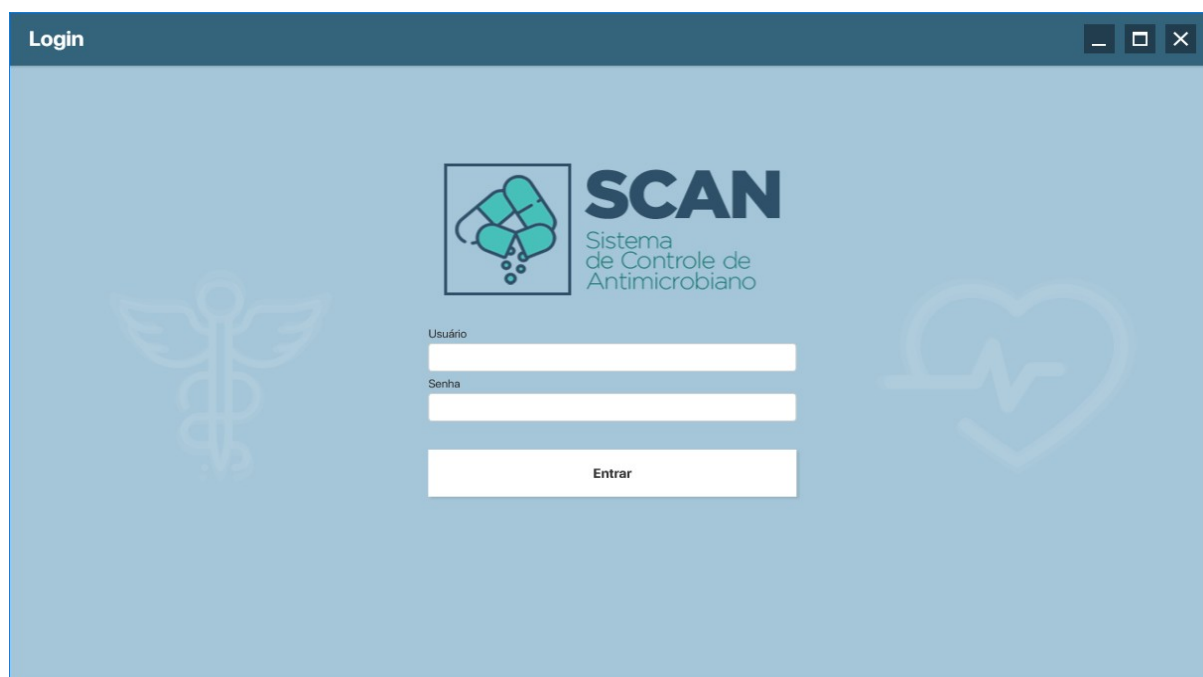


Figura 4. Tela de boas vindas menu médico

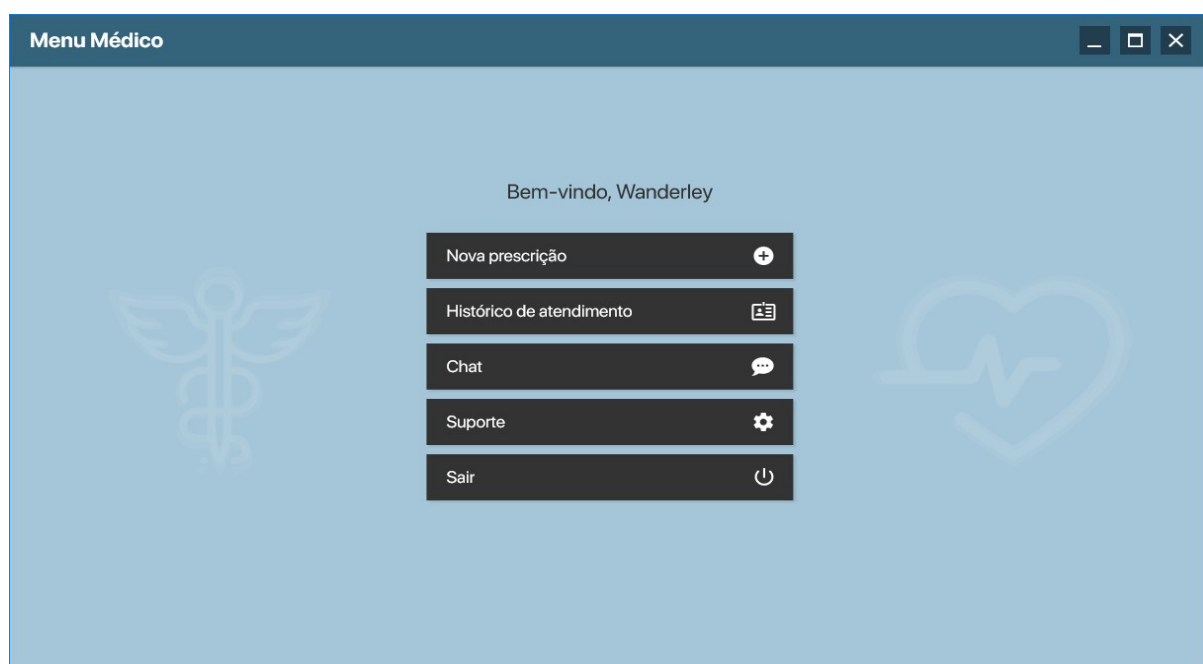


Figura 5. Tela de cadastro do paciente

The screenshot shows a web application window titled "Menu Médico" with a dark blue header. The main content area is light blue and contains a form titled "Cadastrar paciente". The form has the following fields and controls:

- Nome do paciente***: A text input field.
- Data de nascimento***: A date picker showing "19/05/2019".
- Sexo**: Two radio buttons labeled "Masculino" and "Feminino".
- Nome da mãe**: A text input field.
- Prontuário**: A text input field.
- Leito**: A text input field.
- Ala**: A text input field.
- Observações**: A large text area for notes.
- Concluir**: A button with a checkmark icon.

Figura 6. Tela de lista de pacientes

The screenshot shows the "Menu Médico" application window displaying a list of patients. At the top, a yellow banner contains the instruction: "Busque o paciente, selecione e clique em 'Próximo'. Caso não esteja cadastrado clique em 'Cadastrar paciente'". Below this is a search bar with the placeholder text "Busque o paciente por Nome ou Prontuário".

The patient list on the left includes the following entries:

- ESON ALVES FERREIRA**: Duciene Alves da Silva, 1982413
- Juliana Justino de Farias**: Josina Herculino de Farias, 1971617
- Lessandro Martins Nery**: Lusinete Martins Nery, 1984777
- Mário Douglas Alves de SOUZA**: Maria do SOcorro Alves, 1111111
- Ana Luiza Castro**: Maria das Dores, 1871844
- PACIENTE TESTE**: MAEMKAKOSME, 1231313131

On the right, the "Dados paciente" form is pre-filled with the data for the selected patient:

- Nome do paciente**: PACIENTE TESTE
- Nome do responsável**: MAEMKAKOSME
- Idade**: 33
- Sexo**: Masculino
- Ala**: 3
- Leito**: 3
- Prontuário internação**: 1231313131
- Observações**: (Empty text area)

At the bottom of the screen, there are two buttons: "Cadastrar paciente" with a plus icon and "Próximo" with a checkmark icon.

Figura 7. Menu médico tela de prescrição

Menu Médico

Prescrições

Digite o nome do paciente para pesquisar...

Lista de Pacientes:

- Maria de Fatima Rosangela** (Pendente)
- Ruan Peraira Neves Albuquerque** (Reprovada)
- Gabrielle Arruda Alves** (Reprovada)
- Lucinaldo Florentino Ferreira** (Aprovada)
- Ranielson Pereira da Silva Mendonça** (Reprovada)
- Maria de Fatima Rosangela** (Pendente)
- Ruan Peraira Neves Albuquerque** (Pendente)

1ª dose

Descrição

Nome do paciente: Maria de Fatima Rosangela | Status: Pendente | Data da prescrição: 06/03/2019

Nome do médico: Antonieta da Silva Armando | Infecção: Bacteriana Alimentar

Procedimentos Invasivos

Acesso venoso central | Acesso venoso periférico | Intubação | Sonda de alívio | Sonda vesical de demora | Dreno

Pós-operatório

Cirurgia: Herniorrafia | Nome do cirurgião: Edmundo Ferreira Pato

Descrição da cirurgia: Urgencia | Nome do residente: Eugenio Filho

Cirurgia Limpa | Cirurgia Potencialmente Infectada | Cirurgia Contaminada | Cirurgia Infectada

Antimicrobianos prescritos


Definido por

As figuras de 8 a 11 demonstram a sequência de telas que um médico hipotético utiliza para um paciente fictício cuja hipótese diagnóstica é de pneumonia grave de origem comunitária e antibioticoterapia iniciada empiricamente.

Figura 8. Menu médico definição da prescrição

← Menu Médico

Prescrição definida:

Empiricamente 




Cultura 

Figura 9. Menu médico origem da infecção

← Menu Médico

1. Infecção **Sepse?** Sim Não

Infecção Comunitária  Infecção Hospitalar 

2. Dispositivos Invasivos

Acesso venoso central Drenos Nenhum

Sonda vesical de demora Acesso venoso periférico

Sonda de alívio Intubação/VM

Outros procedimentos invasivos...

3. Pós-operatório

Pós-operatório

Cirurgia Nome do cirurgião

Nome da cirurgia... Nome do cirurgião...


Nome do residente Descrição cirurgia

Nome do residente... Eletiva Urgência

Cirurgia Limpa Cirurgia Pot. Contaminada Cirurgia Contaminada Cirurgia Infectada

4. Antimicrobianos

Nenhuma sugestão foi adicionada

Aperte no  para adicionar antimicrobianos

Justificativa (opcional)



Cancelar  Finalizar 

Figura 10. Menu médico foco da infecção

Menu Médico

1. Infecção **▲ Sepsis?** Sim Não

Respiratório Urinário e genital

Abdominal Pele e Partes moles

Osteoarticular Sistema Nervoso Central

Cardiovascular Otorrinolaringológica

Anterior 1 — 2 — 3

2. Dispositivos Invasivos

Acesso venoso central Drenos Nenhum

Sonda vesical de demora Acesso venoso periférico

Sonda de alívio Intubação/VM

Outros procedimentos invasivos...

3. Pós-operatório

Pós-operatório

Cirurgia Nome do cirurgião
Nome da cirurgia... Nome do cirurgião...

Nome do residente Descrição cirurgia
Nome do residente... Eletiva Urgência

Cirurgia Limpa Cirurgia Pot. Contaminada Cirurgia Contaminada Cirurgia Infectada

4. Antimicrobianos ✕ +

Nenhuma sugestão foi adicionada

Aperte no para adicionar antimicrobianos

Justificativa (opcional)

Cancelar ✕ Finalizar ✓

Figura 11. Menu médico tipo da infecção

Menu Médico

1. Infecção **▲ Sepsis?** Sim Não

Pneumonia com necessidade de internação em enfermaria Pneumonia grave com necessidade de internação em UTI

Pneumonia aspirativa em paciente SEM fatores de risco para bactérias atípicas/multirresistentes Pneumonia aspirativa em paciente COM fatores de risco para bactérias atípicas/multirresistentes

Abscesso pulmonar

Anterior 1 — 2 — 3

2. Dispositivos Invasivos

Acesso venoso central Drenos Nenhum

Sonda vesical de demora Acesso venoso periférico

Sonda de alívio Intubação/VM

Outros procedimentos invasivos...

3. Pós-operatório

Pós-operatório

Cirurgia Nome do cirurgião
Nome da cirurgia... Nome do cirurgião...

Nome do residente Descrição cirurgia
Nome do residente... Eletiva Urgência

Cirurgia Limpa Cirurgia Pot. Contaminada Cirurgia Contaminada Cirurgia Infectada

4. Antimicrobianos ✕ +

Nenhuma sugestão foi adicionada

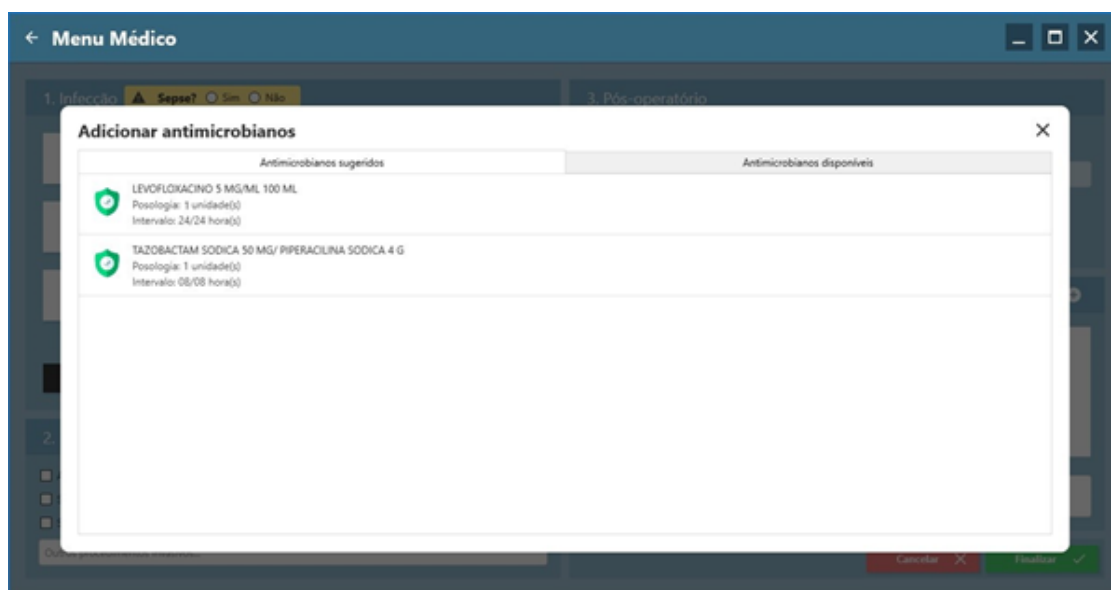
Aperte no para adicionar antimicrobianos

Justificativa (opcional)

Cancelar ✕ Finalizar ✓

A análise conjunta das informações fornece ao médico um apoio à tomada de decisão quanto à prescrição do antibiótico. O SCAN une e interpreta os dados fornecidos e sugere as melhores opções de antibióticos a serem prescritos (Figura 12). Duas opções de esquemas antibióticos já contendo a posologia das drogas aparecem, e o médico prescritor seleciona a que deseja. A conformidade com o protocolo de antibioticoterapia, previamente cadastrado no sistema pelo Serviço de Controle de Infecção Hospitalar, automaticamente, autoriza a liberação das drogas escolhidas pelo médico. Respeitando a autonomia médica, em caso de escolha diferente da fornecida pelo programa de computador, a seleção da aba “antibióticos disponíveis” permite a visualização da lista de medicamentos padronizados no hospital e o preenchimento dos campos referentes ao nome do medicamento escolhido, sua posologia e tempo de tratamento previsto (Figura 13).

Figura 12. Tela sugestão de antimicrobianos



Se a decisão do prescritor for individualizada e alheia ao protocolo pré-estabelecido, ele terá um campo para justificar sua opção, e o SCAN oferece orientação quanto à necessidade de ajuste da dose em relação ao *clearance* de creatinina (Figura 14) e outro aviso em relação a possíveis interações com outras medicações (Figura 15).

Figura 13. Tela adicionar nova sugestão

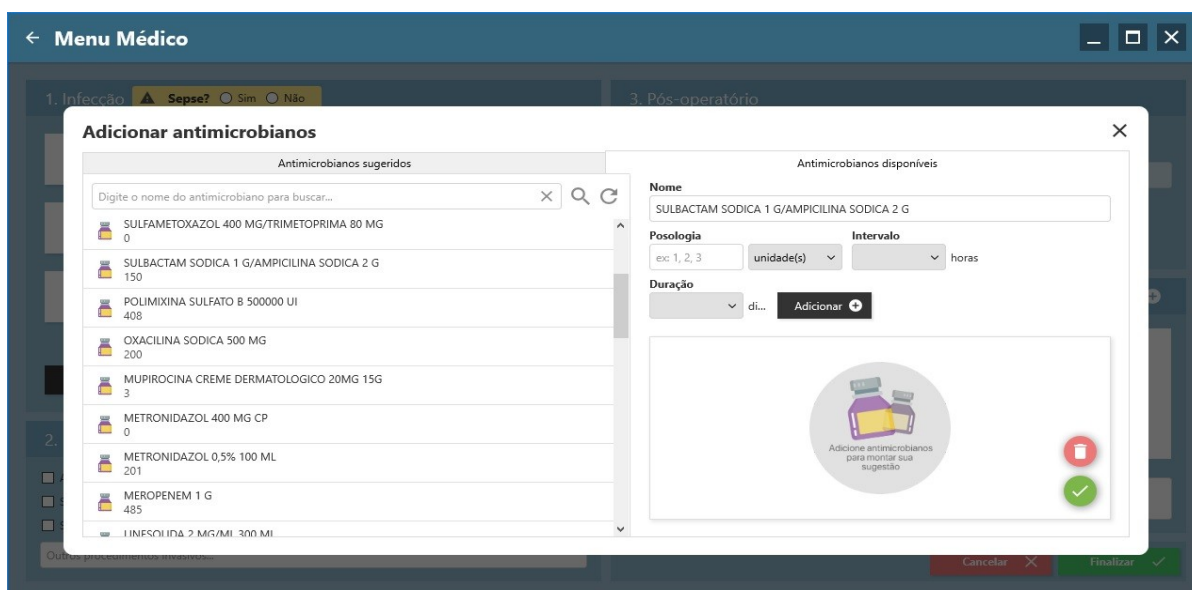


Figura 14. Menu médico ajuste clearance creatinina

Menu Médico

1. Infecção **Sepse?** Sim Não

Insuficiência renal? NÃO SIM

> 50 - 90 10 - 50 < 10 **Díálise**

2. Dispositivos Invasivos

Acesso venoso central Drenos Nenhum

Sonda vesical de demora Acesso venoso periférico

Sonda de alívio Intubação/VM

Outros procedimentos invasivos...

3. Pós-operatório

Pós-operatório

Cirurgia: Nome da cirurgia... Nome do cirurgião...

Nome do residente... Descrição cirurgia: Eletiva Urgência

Cirurgia Limpa Cirurgia Pot. Contaminada Cirurgia Contaminada Cirurgia Infectada

4. Antimicrobianos

Nenhuma sugestão foi adicionada

Aperte no **+** para adicionar antimicrobianos

Justificativa (opcional)

Cancelar **Finalizar**

Figura 15. Menu médico aviso interação medicamentosa

Adicionar antimicrobianos

Antimicrobianos

Digite o nome do antimicrobiano para buscar...

VANCOMICINA CLORIDRATO 500 MG 3056	⚠
TEICOPLANINA 400 MG 2	⚠
TAZOBACTAM SODICA 50 MG/ PIPERACILINA SODICA 4 G 107	⚠
SULFAMETOXAZOL 400 MG/TRIMETOPRIMA 80 MG SUSP DE 50 ML 0	⚠
SULFAMETOXAZOL 400 MG/TRIMETOPRIMA 80 MG 0	⚠
SULBACTAM SODICA 1 G/AMPICILINA SODICA 2 G 110	⚠
POLIMIXINA SULFATO B 500000 UI 244	⚠
OXACILINA SODICA 500 MG 200	⚠
MUPIROCINA CREME DERMATOLOGICO 20MG 15G 3	⚠

Interação medicamentosa

SULBACTAM SODICA 1 G/AMPICILINA SODICA 2 G

POLIMIXINA SULFATO B 500000 UI

⚠ Cuidado ao associar com esses antimicrobianos

Adicione antimicrobianos para monitorar sua sugestão

Cancelar **Finalizar**

Os protocolos de antibioticoterapia empírica para as principais infecções de origem comunitária e hospitalar, por foco suspeito, são elaborados pela infectologista do Serviço de Controle de Infecção Hospitalar e são baseados na literatura mundial, incluindo os principais manuais e guias de antibióticos, as publicações recentes e as diretrizes das sociedades oficiais de doenças infecciosas, em concordância com o perfil de sensibilidade da microbiota do hospital. A aplicação tecnológica desenvolvida disponibiliza essas diretrizes ao médico no momento da solicitação dos antibióticos, a fim de tornar as orientações práticas acessíveis no momento em que está tomando decisões clínicas, com o intuito de melhorar as práticas de prescrição. Mesmo que um médico substitua a recomendação para o antibiótico e selecione seu próprio plano de tratamento, o computador analisa automaticamente.

A terapia é considerada inadequada por razões clínicas, farmacológicas ou porque os antibióticos não são necessários. A terapia é considerada completamente apropriada quando o infectologista concorda que a terapia é necessária e que o medicamento escolhido é apropriado após avaliar considerações clínicas, econômicas e farmacológicas. A tela que permite ao infectologista avaliar a adequação da prescrição médica é representada pela figura 16.

Figura 16. Menu infectologista dados da prescrição

The screenshot displays the 'Menu Infectologista' interface. At the top, there is a header with a back arrow and the text 'Menu Infectologista'. Below this, a window titled 'Dados prescrição' is open, showing various fields and buttons. The window has a title bar with standard window controls (minimize, maximize, close). Inside the window, there are buttons for 'Dados paciente', 'Dados médico', 'Avaliar prescrição', and 'Finalizar prescrição'. A status bar at the top of the window shows 'Pouco adequada' (red) and 'Adequada' (green). The main content area includes a 'Status' dropdown set to 'Pendente' and a 'Data da prescrição' dropdown set to '9/16/2019'. Below this, there are checkboxes for 'Sepse' (set to 'Não') and a text field for 'Infecção' containing 'Infecção Hospitalar, Sítio Cirúrgico, Klebsiella sp'. A section titled 'Dispositivos Invasivos' contains several checkboxes: 'Acesso venoso central' (checked), 'Sonda vesical de demora' (checked), 'Sonda de alívio' (unchecked), 'Intubação' (checked), 'Dreno' (unchecked), 'Acesso venoso periférico' (unchecked), and 'Nenhum' (unchecked). Below this, there is a section for 'Antimicrobianos prescritos' with a 'Definido' dropdown and a 'Cultura' dropdown. The list of prescribed antimicrobials includes 'POLIMIXINA SULFATO B 500000 UI' with a small icon of a vial, and its dosage: 'Posologia: 2 unidade(s)', 'Intervalo: 12/12 hora(s)', and 'Duração: 28 dia(s)'. At the bottom of the window, the name 'Etevaldo Correida da Silva Medeiros' is visible.

O programa foi desenvolvido, inicialmente, para apoiar a antibioticoterapia empírica, mas, posteriormente, também abordou estratégias de redução e de descalonamento quando agentes patogênicos forem identificados no diagnóstico microbiológico. Em pacientes com identificação de patógenos, o SCAN também pode ser usado para orientar a escolha da antibioticoterapia direcionada.

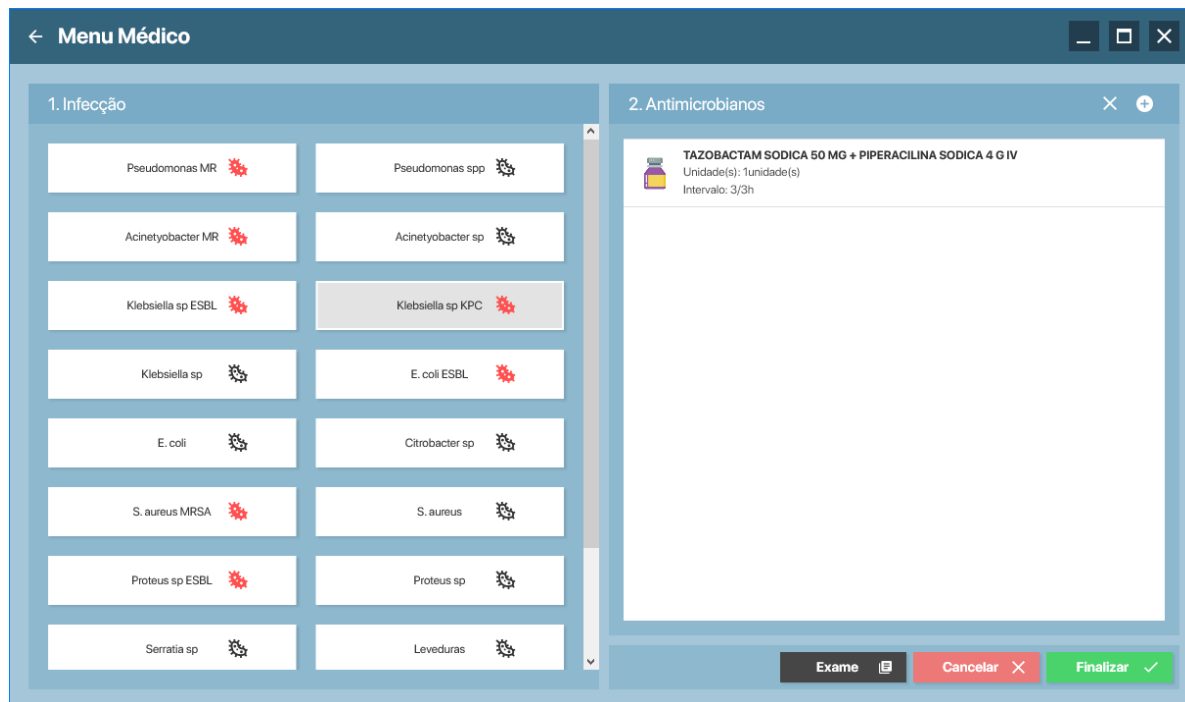
Além do foco do uso de antimicrobianos e dos cuidados com cada paciente individualmente, o sistema desenvolvido facilita o acesso eletrônico para

vigilância de infecções hospitalares e de reações adversas de medicamentos, sendo capaz de rastrear grandes quantidades de dados com frequência e perspectiva, incorporando informações do laboratório de microbiologia clínica, permitindo ao infectologista uma visão abrangente em tempo real das infecções, das suas causas e dos seus tratamentos.

Para as prescrições de antibiótico baseadas em resultados microbiológicos, o médico prescritor segue uma via diferente dentro do sistema, escolhendo o ícone que corresponde ao microorganismo identificado e toma sua decisão baseada no antibiograma disponibilizado. Por se tratar de escolha individualizada, esse formulário será encaminhado automaticamente para a avaliação do infectologista.

A tela correspondente a essa etapa do processo de escolha terapêutica está representada pela Figura 17.

Figura 17. Tela resultado microbiológico



O resultado dos exames laboratoriais pode ser acessado através de vínculo com laboratório de análises clínicas e com o serviço de radiologia, por um comando escolhido (palavra, imagem ou mesmo um texto) que fornece um redirecionamento a outra página ou *site* na *internet* (Figuras 18 e 19).

É necessário que os resultados das culturas sejam reportados o mais rapidamente possível ao médico prescritor. E é importante também que todas as comunicações, tanto de laudos provisórios como de laudos definitivos fiquem registradas e que seja estabelecido intercâmbios de informações com o SCIH e a farmácia hospitalar.

Os laboratórios de microbiologia lidam com um grande volume de informações

todos os dias. O sistema de vigilância e alerta foi projetado para também facilitar a comunicação de informações mais necessárias e urgentes. As informações microbiológicas relevantes, apropriadas para inclusão nos alertas para o médico prescritor e para o infectologista, incluem resultados positivos em amostras críticas, como fluidos normalmente estéreis (sangue, fluido cefalorraquidiano); identificação de patógenos específicos que requerem intervenção rápida, como *C. difficile* ou *M. tuberculosis*; e padrões de resistência específicos, como *Enterobacteriaceae* resistente a carbapenem ou *Enterococcus spp* resistente à vancomicina. Uma observação importante é que as mensagens automatizadas são mais fáceis de gerenciar e menos propensas a serem esquecidas, servindo de alternativa às chamadas telefônicas para notificação rápida de resultados críticos.

Figura 18. Tela de boas vindas menu laboratório

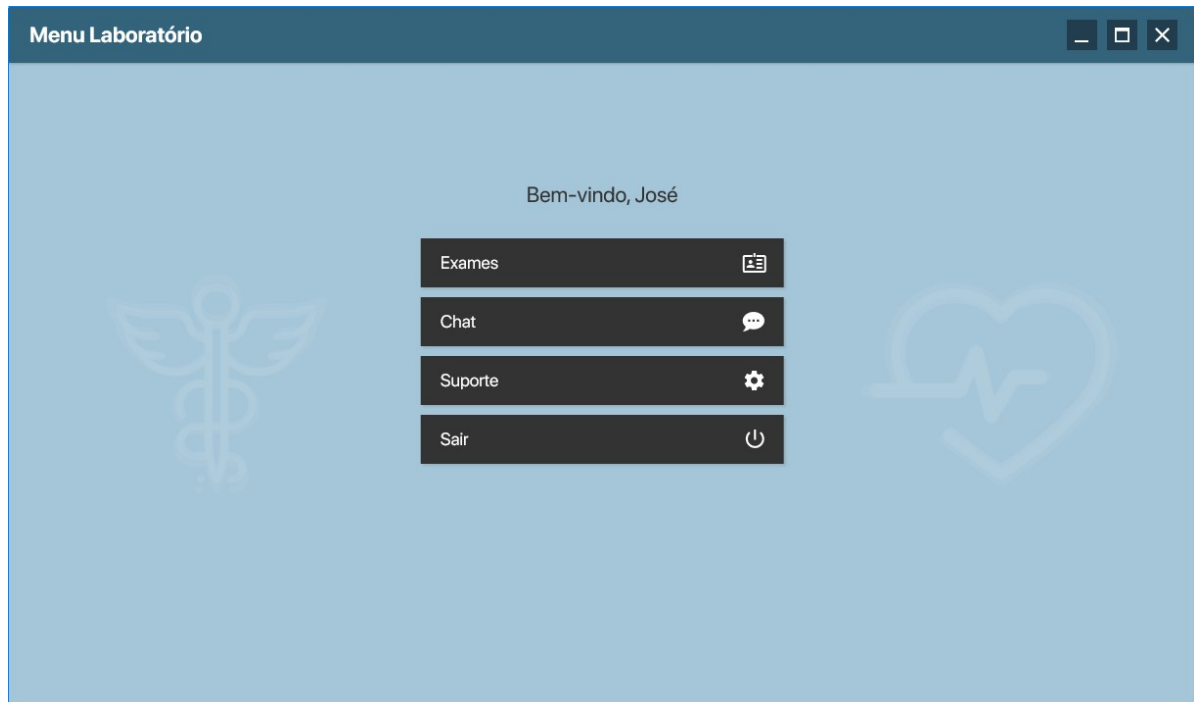
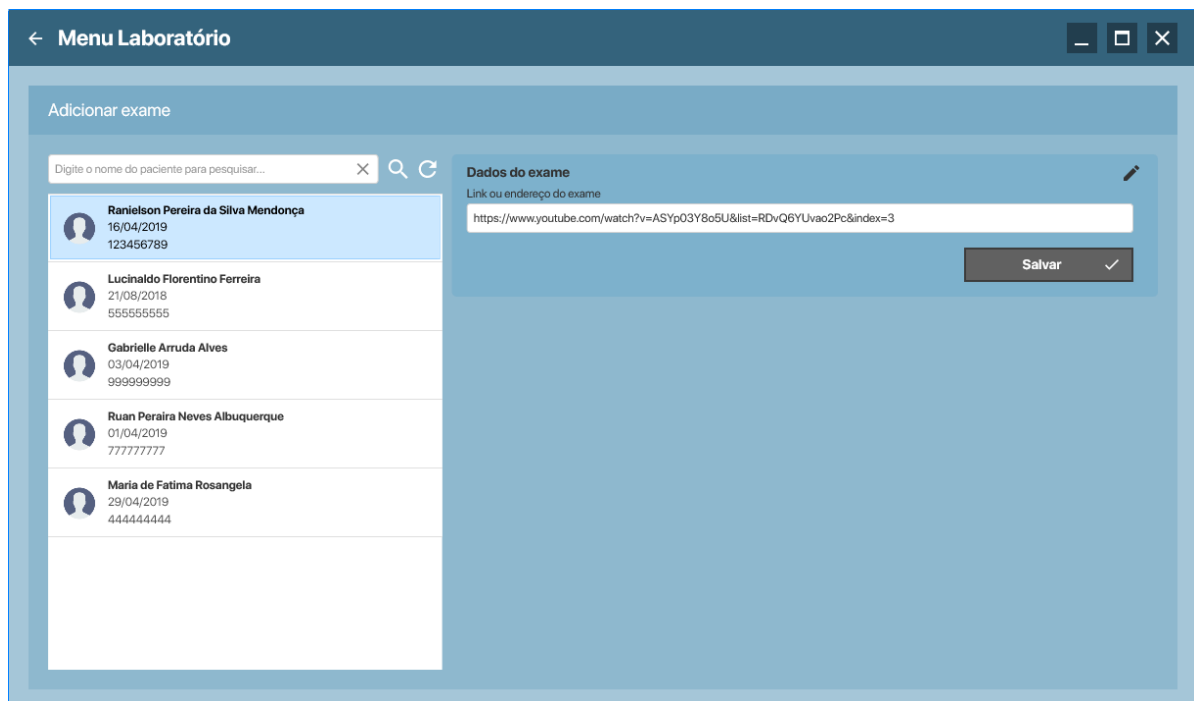


Figura 19. Tela adicionar exames



Em relação à escolha do esquema antibiótico mais apropriado, o SCAN é integrado com o controle de estoque da farmácia hospitalar e fornece a quantidade de unidades disponíveis de cada uma das drogas praconizadas no serviço. A partir do aprazamento de produtos e da diminuição correspondente do total disponível em estoque, o programa emite um aviso em tela e um aviso quanto à disponibilidade ou não do antibiótico escolhido até o fim do prazo de tratamento.

O estoque de uma farmácia hospitalar demanda constante solicitação e reposição de medicações, visto que, a medida que o medicamento é utilizado na instituição, deve ser repostado, de forma que haja, sempre, sua disponibilidade. Considerando ser crítico esse fluxo e sua gestão complexa, principalmente em hospitais públicos, optou-se por incorporar à ferramenta um módulo exclusivo para uso do farmacêutico clínico integrando-o ao módulo de prescrição médica. O usuário farmácia cadastra antimicrobianos, controle as doses diárias liberadas dos medicamentos em uso e tem acesso às informações clínicas que embasaram a escolha terapêutica (Figuras 20 e 21), permitindo ao farmacêutico clínico também reconhecer e alertar sobre possíveis interações medicamentosas indesejadas.

Figura 20. Tela antimicrobianos

Antimicrobianos disponíveis

Digite o nome do antimicrobiano para pesquisar...

Nome do antimicrobiano	Quantidade disponível	Data de validade
VANCOMICINA CLORIDRATO 500 MG 123 02/10/2019	123	02/10/2019
TAZOBACTAM SODICA 50 MG + PIPERACILINA SODIC... 212 05/06/2019		
SULFAMETOXAZOL 400 MG+TRIMETOPRIMA 80 MG... 80 12/12/2019		
SULFAMETOXAZOL 400 MG + TRIMETOPRIMA 80 MG... 231 05/06/2019		
SULFAMETOXAZOL 400 MG + TRIMETOPRIMA 80 MG 145 05/06/2019		
GENTAMICINA SULFATO 80 MG/2 ML 2 ML 45 02/07/2019		
GENTAMICINA SULFATO 40 MG/ML 1 ML 50 01/11/2019		

Quantidade por caixa: 23, Lote: 546789, Tipo de dose: mg

Observações

Figura 21. Controle de doses diárias

← Menu Farmácia

Prescrições

Digite o nome do paciente para pesquisar...

1ª dose 2ª dose 3ª dose Salvar ✓

Nome do paciente	Status	Data da prescrição
Lucinaldo Florentino Ferreira	Aprovada	06/11/2018
Nome do médico	Infecção	
Edmundo Ferreira Pato	Foco Abdominal	

Procedimentos Invasivos

Acesso venoso central Acesso venoso periférico Intubação Sonda de alívio Sonda vesical de demora Dreno

Pós-operatório

Cirurgia: Cirurgia de Próstata, Nome do cirurgião: Wanderley Pinto

Descrição da cirurgia: Eletiva, Nome do residente: Carlos Mercury Antonio

Cirurgia Limpa Cirurgia Potencialmente Infectada Cirurgia Contaminada Cirurgia Infectada

Antimicrobianos prescritos

Definido por

Na sessão de dados do menu infectologista, o primeiro módulo é o de cadastro de usuários (Figura 22). Dados de identificação de médicos, microbiologistas e farmacêuticos, com contato telefônico e endereço eletrônico e o número de registro nos Conselhos Regionais de sua profissão são inseridos no sistema, associando cada profissional com seu perfil de acesso. Há ainda campo para registro e confirmação de senha de acesso.

Figura 22. Menu infectologista cadastro de usuários



O botão “protocolo”, presente na tela de boas vindas (Figura 23) permite a edição e a listagem dos protocolos de antibioticoterapia previamente elaborados de acordo com a literatura, com a microbiologia e com o perfil de sensibilidade da instituição. O menu infectologista disponibiliza acesso, também, à lista de antibióticos padronizados e estoque disponível. Ao optar pela opção “prescrições” (Figura 23), o médico infectologista, administrador do programa de controle de uso de antibióticos, tem acesso aos dados informados pelo médico prescritor, visualizando uma lista com cores diferenciadas no ícone à esquerda (Figura 24), que significam: *verde* (prescrição de acordo com protocolo, já considerada adequada pelo SCAN), *amarela* (pendente de avaliação pelo infectologista, pois não seguiu escolhas sugeridas no protocolo), *preta* (prescrição finalizada por óbito, por alta ou por transferência). A cor *vermelha* indicará que, após a avaliação do infectologista, a prescrição foi considerada pouco adequada e necessita de correções. O SCAN permite, também, a otimização da dosagem antimicrobiana de acordo com as características individuais do paciente, por exemplo, idade, peso e função renal, agente etiológico e local de infecção (por exemplo, previsões mais longas de tratamento para endocardite e osteomielite ou antibióticos com melhor penetração em sistema nervoso central no caso das meningitis) e características farmacocinéticas e farmacodinâmicas do medicamento. Para facilitar comunicação entre equipe e o médico especialista em doenças infecciosas, o recurso da caixa de diálogo (Figura 25) servirá de canal para solução de problemas, para tira-dúvidas, para discussão de casos clínicos e para sugestões de melhor condução dos pacientes, tendo o consenso como resultado esperado.

O aplicativo celular (Figura 26) será de uso restrito do médico

infectologista gerenciador de antibióticos. As funcionalidades do menu infectologista para computador de mesa também estarão disponíveis no aplicativo móvel.

Notificações de alerta ocorrerão em duas ocasiões: prescrição não concordante com protocolo de tratamento empírico para infecções e infecção causada por bactéria multirresistente, quando a identificação do agente patogênico e seu perfil de resistência estiver disponível.

Uma boa estratégia para otimizar a terapia antimicrobiana empírica inicial é promover o uso por tempo mais curto, pois a continuação da terapia de amplo espectro contribui para a seleção de patógenos resistentes aos antimicrobianos. Esse conflito pode ser resolvido quando os resultados da cultura estiverem disponíveis, permitindo simplificar ou direcionar melhor a terapia antimicrobiana. Além de incluir a possibilidade de descontinuação de terapia antibiótica empírica baseada em critérios clínicos e resultados negativos de cultura. Para isso, as funções de alertar prontamente o infectologista para avaliar os resultados e a identificação de combinações antimicrobianas potencialmente redundantes foram incluídas.

Figura 23. Menu infectologista tela de boas vindas

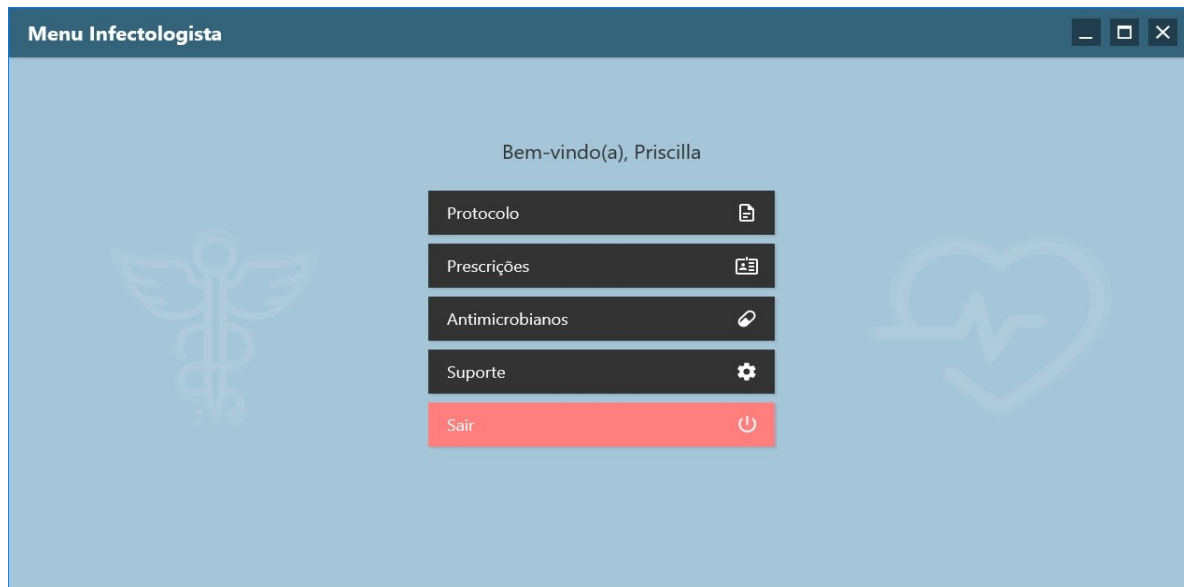


Figura 24. Menu infectologista lista de prescrições

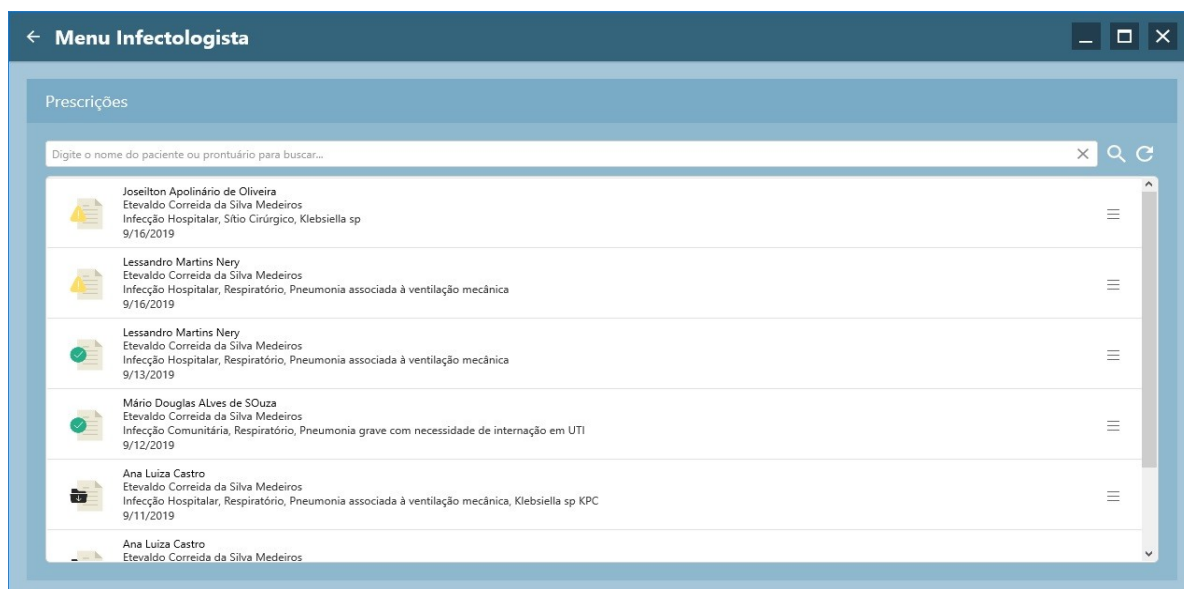


Figura 25. Tela de chat

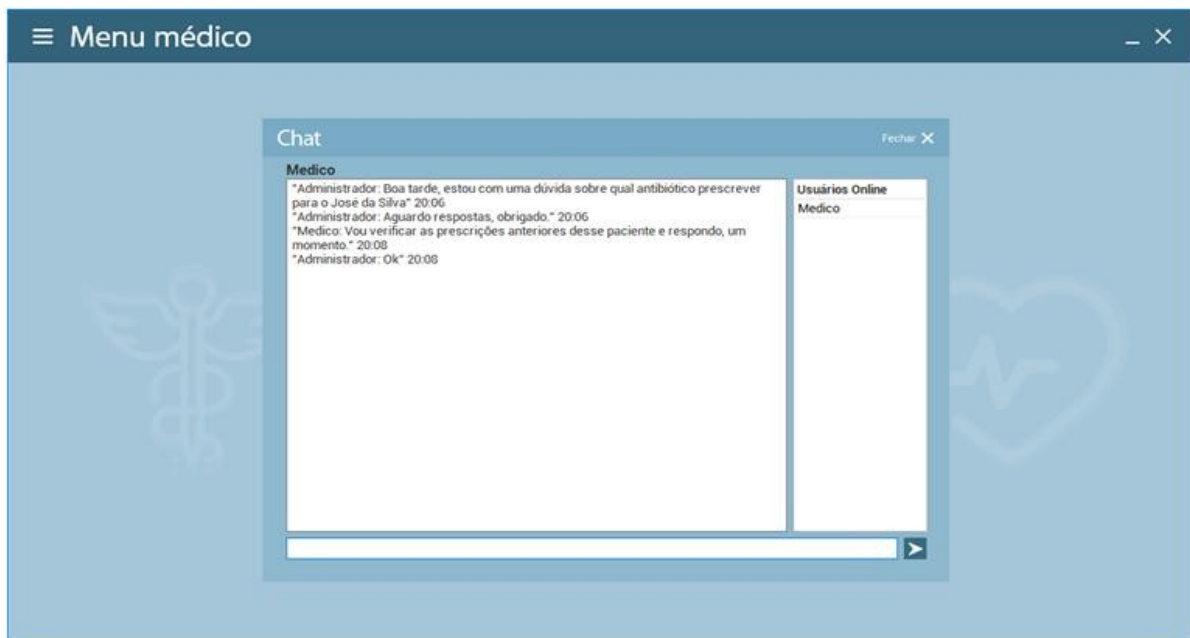
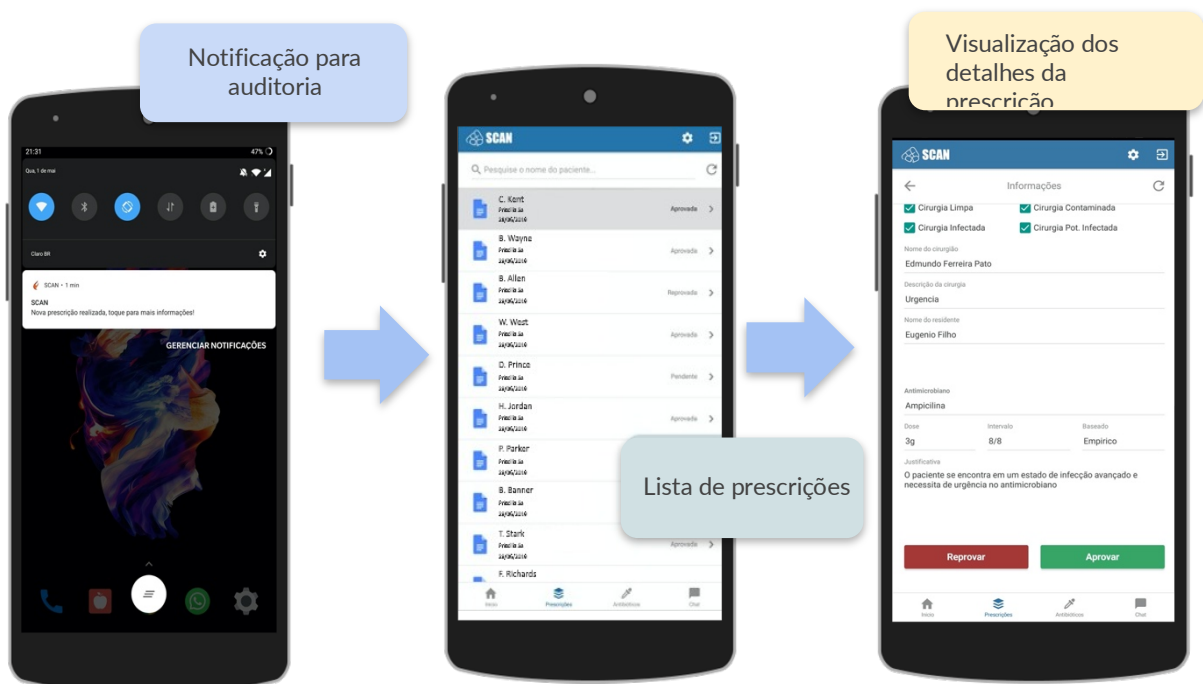


Figura 26. Tela de alerta em celular



A proteção dos dados pessoais é garantida por várias camadas e tipos de ferramentas cuja arquitetura garantem a segurança, dificultam ataques de negação de serviço e garantem que acessos não permitidos não prejudiquem o sistema. A interface gráfica do usuário obriga que clientes só tenham algum contato com o SCAN através de um programa executável, sendo este apenas fornecido mediante a licença de uso do *software* e enviado para os usuários específicos. Vale lembrar que mesmo com acesso ao arquivo executável, todos os dados estão armazenados em “nuvem”: armazenamento virtual que poderá ser acessado de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora, não havendo necessidade de instalação de programas. O acesso a programas, a serviços e a arquivos é remoto, através da *Internet* - daí a alusão à nuvem, apresentando uma maior disponibilidade e confiabilidade dos serviços já que funcionam 24 horas por dia durante os sete dias da semana. Além disso, camadas de criptografia são usadas, aumentando, assim, a segurança dos dados por meio de algoritmos complexos, impedindo a visualização das informações pelo invasor (necessidade de uma chave de acesso).

Os servidores apresentam configurações *de firewall* (um dispositivo de segurança da rede, que monitora o tráfego) e *proxy* (intermediário entre os computadores de uma rede e a *Internet*) robustas, evitando ataques externos, em que tudo que não for autenticado ficará barrado no *firewall*. Em relação à criptografia dos dados, o SCAN criptografa dados críticos, como dados de contas, de usuários e de senhas, além de apresentar ferramentas de compressão de dados em todas as requisições entre cliente-servidor.

A etapa final de desenvolvimento consistiu na fase de testes, tanto para verificar a existência de falhas, como para verificar o comportamento do sistema

dentro dos princípios do projeto. A sequência descrita a seguir foi cumprida:

Teste de Instalação – Verificou-se o comportamento do sistema em diferentes configurações de *hardware*. O *software* funcionou a contento sob diferentes condições, como pouco espaço de memória. Interrupções de rede de *Internet* não permitiram uso do sistema.

Teste de Integridade – Testou-se a resistência da aplicação às falhas (robustez). Verificou-se que os componentes envolvidos permaneceram íntegros mesmo com um alto volume de dados.

Teste de Segurança – O sistema e os dados foram acessados de maneira segura, apenas pelo autor das ações. Falhas de segurança do *software* ou do ambiente em que está sendo executado não foram verificadas. Avaliaram-se as vulnerabilidades frente a diferentes tipos de ataques de segurança, com resultados bastante satisfatórios.

Teste Funcional – As funções e os casos de uso foram testados, e a aplicação faz o que deveria fazer e da maneira correta.

Teste de Integração – Um ou mais componentes combinados funcionaram de maneira satisfatória.

Teste de Performance – O sistema operou satisfatoriamente sob as condições normais de uso (tempo de resposta, número de transações por minuto, usuários simultâneos). Além disso, operou em condições extremas de uso (grande volume de transações, usuários simultâneos e picos excessivos de carga em curtos períodos de tempo) e mostrou-se estável após um período de uso.

Teste de Usabilidade – Durante a experiência, a interface se mostrou limpa e

agradável de usar, além do sistema ser intuitivo, com informações de reação do sistema de fácil acesso.

3.4.4. Entrega do protótipo

O desenvolvimento do SCAN representa o produto técnico final deste estudo e de uma dissertação de mestrado, não existindo tempo hábil para aplicá-lo e para avaliar a utilização. No entanto, tal fato poderá ser pergunta de pesquisa e fruto de futuros estudos.

3.4.5. Conflitos de interesses

Esta pesquisa está livre de conflitos de interesses.

IV. RESULTADOS

Foram desenvolvidos 3 produtos como resultado do estudo realizado:

- a) Protótipo de um sistema informatizado de apoio à prescrição e monitoramento do uso de antibióticos.
- b) Registro de Programa de Computador.
- c) Artigo científico.

4.1. Protótipo do SCAN

Sistema de apoio à decisão para tratamento antimicrobiano, que dá aos médicos prescritores ponto de acesso de cuidados a todos os pacientes clínicos, informações relevantes combinadas com lógica especialista integrativa para reconhecer imediatamente os dados empíricos ou escolhas antimicrobianas específicas de patógenos e permite ao infectologista gerenciador do uso de antimicrobianos a vigilância em tempo real do processo de prescrição antibiótica.

4.2. Registro de programa de computador

O desenvolvimento do SCAN é fruto do trabalho conjunto de uma médica infectologista pesquisadora e dois desenvolvedores de sistema e foi registrado no Instituto de Propriedade Industrial (INPI), no dia 03 de setembro de 2019, sob o processo número BR512019001868-0, conforme consta na Revista de Propriedade Intelectual (RPI) de número 2539 (ANEXO 1).

4.3. Artigo

O artigo científico foi enviado para a Revista Clinics, uma publicação em formato eletrônico, semestral com Qualis B2 da CAPES (instruções aos autores encontram-se disponíveis no Anexo 2).

Technology to support infection control: an antimicrobial management application in the Infectious Diseases Specialist's pocket

Priscilla Karen de Oliveira Sá¹, Estêvão Arruda Borba², Raquel Travassos

Queiroga Nóbrega³, Misael Elias de Morais⁴, Flávia Augusta de Orange⁵

¹Médica infectologista, mestranda de Saúde Integral do Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira, Recife.

²Aluno de Graduação de Ciências da Computação da Universidade Estadual da Paraíba

³Médica infectologista do Hospital de Trauma de Campina Grande, Paraíba

⁴PhD, professor do Núcleo de Tecnologia Estratégica em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba

⁵PhD, professora do Instituto de Medicina Integral Prof. Fernando Figueira (IMIP), Recife, Pernambuco, Brazil.

Corresponding author: Priscilla Karen de Oliveira Sá

Address: Rua dos Coelho

Boa Vista, Recife PE

Telephone: +55 (81)

2122-4122

FAX: +55 (81) 2122-4100

Email: drapriscillasa@hotmail.com

Technology to support infection control: an antimicrobial management application in the Infectious Diseases Specialist's pocket

Priscilla Karen de Oliveira Sá¹, Estevão Arruda Borba², Raquel Travassos Queiroga Nóbrega³, Misael Elias de Morais⁴, Flávia Augusta de Orange⁵

Abstract

Objectives. Describe the development of an application that provides decision support for prescription of antibiotics, review and feedback, electronic laboratory and pharmaceutical reports and alerts, surveillance of multi-resistant microorganisms and allows an Infectious Diseases Physician (IDP) to have remote access to the process. **Methods.** Exploratory, experimental and technologic study, aimed at solving the problem of the lack of a computerized tool that integrates, at the time of drug prescription, the prescribing physician, the microbiologist and the clinical pharmacist, providing a coordinated action managed by the infectious diseases physician. **Results.** SCAN has the following features: centralized information on antibiotics for medical prescription decisions, graphical interface in which the relevant information of clinical patients is combined using the active integral specialist logic that leads to a suggestion of empirical antibiotic treatment, interactions between the prescribing physician, the infectious disease division, the clinical pharmacy and the microbiology laboratory, automatic screening module for new antibiotic prescriptions, directing them for review and a tool for real-time surveillance of antimicrobial choices, with remote access, via cell phone application, by the IDP. The adequacy of antibiotic therapy is automatically assessed by the application when there is compliance to the hospital's protocol and sends alerts of non-compliance to the IDP's mobile phone application. **Conclusion.** Integrating notions of rational use of antibiotics, real-time surveillance of antibiotic choices and promoting the exchange of information at the time of decision-making, this research has produced a promising method for both management and patient care.

Key words: Health Informatics; Stewardship; Rational Use; Antibiotic; Infection Control

Introduction

Strategy management promotes the rational use of antibiotics, reduces the expense of drug use and slows the development of drug resistance, but we need to further optimize the prescription of antibiotics to improve the level of drug treatment (1). Antimicrobial stewardship programs (ASPs) refer to the set of coordinated interventions with the aim of improving and quantifying the appropriate use of these drugs, promoting the selection of the ideal regimen, dose, duration of treatment and route of administration, minimizing toxicity and other adverse events, in addition to limit the selection of resistant strains (2).

Antimicrobial resistance is a global threat worldwide and the overuse and misuse of antibiotics is the primary driver of this resistance (3). This growing healthcare problem has significantly impacted the public welfare and has substantially burdened the economic system on a global scale (4). The health and economic consequences of antimicrobial resistance are severe. Today, drug-resistant infections lead to approximately 700,000 deaths per year globally. This is projected to increase to 10 million by 2050, with associated costs as high as \$100 trillion worldwide if no action is taken (5). The link between antimicrobial consumption and resistance is well-known. (6)

There is good evidence that the involvement of Infectious Diseases Physicians (IDP) in ASPs improves antimicrobial use and clinical outcomes and reduces the overall costs of antimicrobial therapy (7-8). Their expertise is considered essential to the success of hospital ASP (9), mainly in the development of antimicrobial policy and prescribing guidelines, formulary decision-making, and the establishment and operation of antimicrobial approval systems (10).

By the very nature of the infectious diseases' specialty, particularly the heightened awareness for antimicrobial stewardship and the importance of the perspective on the emphasis on patient safety, the value of physicians specially trained in the area of

infectious diseases is unique and enhancement efforts to strengthen their workforce are encouraged. (12-13). Infectious diseases physician's demands require mobility to obtain information and make decisions, thus, health information technology has the potential to improve the quality of this assistance (14-15). The use of computerized support systems has the potential to impact adequacy of antibiotic coverage, volume of antibiotic usage, costs of antibiotics, compliance with guidelines, length of stay and patient's mortality (16). Use of technological tools for antibiotic control is also a feasible, educational modality, capable of reducing the amount of unnecessary antibiotic prescriptions (17,18), also restructuring physician behavior (19).

Despite the description in literature of some computerized systems for antimicrobial use, such as applications to assist doctors to improve antibiotic prescriptions, web services for medical decision and antibiotic management, some of them using microbiological data, computerized antibiotic authorization systems, database-driven empirical antimicrobial guidance program and tools for improving flow and documentation for clinical pharmacy services (20-26), they are not easily purchased and do not have all the features that meet the local requirements of a public hospital.

The aim of this study is to describe the development of an application that provides decision support for the prescription of antibiotics, review and feedback, electronic laboratory and pharmaceutical reports and alerts, surveillance of multi-resistant microorganisms and allows an Infectious Diseases Physician to have remote access to the process.

Methods

The first step in the design of this application was the documentation of the current antimicrobial stewardship activities that the IDP developed in a public hospital located in a medium-sized city in the Northeast of Brazil. The advice and audit of clinical prescription was part of this work.

Second, the consistent inefficiencies of the non-automated antimicrobial stewardship program were listed: a) diversity of initial treatment options and inappropriate use of broad-spectrum antimicrobials; b) non-compliance with established antimicrobial protocols; c) communication problems between the assistance teams; d)

difficulties in monitoring antimicrobial resistance; e) difficulties in controlling and auditing the use of antimicrobials; f) restricted antimicrobial approval orders on paper with no functionality to limit the duration of antibiotic therapy, and g) inefficiencies in detecting drug interactions and individual dosage adjustments.

After listing the problems to be solved, the third step involved the design of a work flow and use-case diagrams for describing and modeling the system analysis, associated with functional requirement. We reviewed the scientific evidence to find the best ways to create a technological tool capable of promoting efficient collaboration and information sharing between antibiotic prescribers, IDP, Infection Control Team, microbiologist and pharmacist. The current form of communication was informal, inefficient and manual with no ability to follow requests.

We developed a computer application in the Delphi programming language in conjunction with a Structure Query Language (SQL) database running Firebird. The servers are being hosted in the cloud. The system components are divided into two parts: desktop software and mobile application. The mobile app is exclusive to the administrator of the system (IDP). The application is installed with an executable (.EXE) file on a Windows operating system. The Android application is installed with an Android Package (APK). Only previously registered users can access the application. In addition, the program has permission levels for each user (Figure 1) that are filtered according to their function in the system, for example, pharmacy clerks cannot register or modify drug stocks, but pharmacy managers have the ability to perform this function. A patient's first record requires information on name, sex, age and medical record number.

During development, we had concerns about building an efficient and easy to use software solution, improving patient monitoring and optimizing the user's time. Special attention was given to the environmental peculiarities that desktop users will operate - intensive care units, emergency room, clinic and surgical wards, pharmacy, microbiological laboratory - and equipment available in relation to the public nature of our institution providing health services. In addition, we needed to make the app easy for the medical team to understand so they could perform the tasks. Not just making input methods intuitive and data reliable. But also presenting the user with a well thought out user experience. Therefore, we focused on the utility, ease of use and efficiency of the application to ensure that users do not feel harmed by the new software.

Figure 1 Screen caps of the individual profile screens



In the final stage of development, we performed an investigation of the software in order to provide information about its quality in relation to the context in which it should operate. The system was used to find its defects. It operated satisfactorily under normal conditions of use (response time, number of transactions per minute and simultaneous users). In addition, it worked under extreme conditions of use (high volume of transactions, simultaneous users and excessive load spikes in short periods of time) and proved to be stable after a period of usage. The application did what it was supposed to do and correctly. During the usability assessments, the application was clean and pleasant to use, intuitive and easy to access.

The application program was registered at the Instituto de Propriedade Industrial (INPI), on September 3, 2019, under process number BR512019001868-0 and named as Sistema de Controle Antimicrobiano – SCAN.

Results

SCAN has the following features: • Centralized information on antibiotics for medical prescription decisions. • Graphical interface in which the relevant information of clinical patients is combined using the active integral specialist logic that leads to a

suggestion of empirical antibiotic treatment. • Interactions between the prescribing physician, the infectious disease division, the clinical pharmacy and the microbiology laboratory. • Automatic screening module for new antibiotic prescriptions, directing them for review. • Tool for real-time surveillance of antimicrobial choices, with remote access, via mobile application, by the IDP. • Ability to set automated alerts based on non-compliance with the treatment protocols. • Integration with patient management (admission, discharge, and transfer). • Monitoring the patient during current and future hospitalizations. • Documentation of drug information and interactions of antibiotics with other drugs. • Documentation and monitoring of antimicrobial resistance.

The initial entry of essential clinical information is necessary for the profile of the prescriber to support the therapeutic decision: origin of the infection (acquired in the community or hospital), anatomical site of the infection, risk factors for infection by multi-resistant bacteria, use of a device and surgery procedures (potential for contamination from surgery) that may have been necessary. Finally, if the indication for antimicrobial treatment is empirical or based on culture and the susceptibility of microbiological results. The SCAN gathers the data provided and suggests the best antibiotic treatment to be prescribed (Figure 2). Two options of antibiotic regimens appear with the dosage of medications, and the prescribing physician chooses the one of their preference. Compliance with the antibiotic therapy protocol, previously registered in the system by the Infection Control Team, automatically authorizes the release of the medications chosen by the doctor.

Figure 2 Screenshot of SCAN's prescription guidance interface.

The screenshot displays the 'Menu Médico' interface for the SCAN system. It is organized into four numbered panels:

- 1. Infecção:** Features a 'Sepsis?' status indicator (yellow triangle) and several selection boxes for infection types, such as 'Pneumonia com necessidade de internação em enfermaria', 'Pneumonia grave com necessidade de internação em UTI', 'Pneumonia aspirativa em paciente SEM fatores de risco para bactérias atípicas/multiresistentes', 'Pneumonia aspirativa em paciente COM fatores de risco para bactérias atípicas/multiresistentes', and 'Abscesso pulmonar'. A 'Anterior' button and a progress slider are also present.
- 2. Dispositivos Invasivos:** Contains checkboxes for 'Acesso venoso central', 'Sonda vesical de demora', 'Sonda de alívio', 'Drenos', 'Acesso venoso periférico', and 'Intubação/VM'. A text input field for 'Outros procedimentos invasivos...' is at the bottom.
- 3. Pós-operatório:** Includes a 'Pós-operatório' checkbox, a 'Cirurgia' section with 'Nome da cirurgia...' and 'Nome do cirurgião...' fields, and a 'Nome do residente...' field. It also has radio buttons for 'Estrut' and 'Urgência', and checkboxes for 'Cirurgia Limpa', 'Cirurgia Pós-Contaminada', 'Cirurgia Contaminada', and 'Cirurgia Infectada'.
- 4. Antimicrobianos:** Shows a message: 'Nenhuma sugestão foi adicionada. Aperte no ícone para adicionar antimicrobianos'. Below this is a 'Justificativa (opcional)' text area and 'Cancelar' and 'Finalizar' buttons.

In order to maintain physician's prescription autonomy, the doctor's profile also provides a button to select available antibiotics which shows a list of standardized drugs in the hospital. Next step is to fill out a form regarding the name of the chosen drug, dosage and expected treatment time. To support this individualized decision, SCAN provides institutional treatment guidelines with a decision tree, drug interaction advise and dosage adjustment in the event of renal failure. If the user needs further clarification, SCAN also has an instant messaging system that allows direct conversations with the IDP called "Fale com a Infecto". In case of noncompliance with the institutional antimicrobial treatment protocol, SCAN sends an alert to the IDP, via mobile application.

The administrative tasks of the Infection Control Team include the development of clinical practice evidence-based guidelines for the major infections. The developed application provides easy access to these including the main antibiotic manuals and guides, recent publications and the official infectious disease guidelines, taking into account patient factors, common local pathogens, hospital antibiograms and resistance patterns, and the suspected source of infection.

The IDP's profile allows the following : a) to edit and list antibiotic treatments; b) view of the list of standardized antibiotics and available stock; c) access the data informed by the prescribing physician; d) audit the prescription; e) access to and demand for final and partial microbiological results; f) communicate via internal chat with the pharmacist, microbiologist and IDP and g) give confidential feedback to the prescriber.

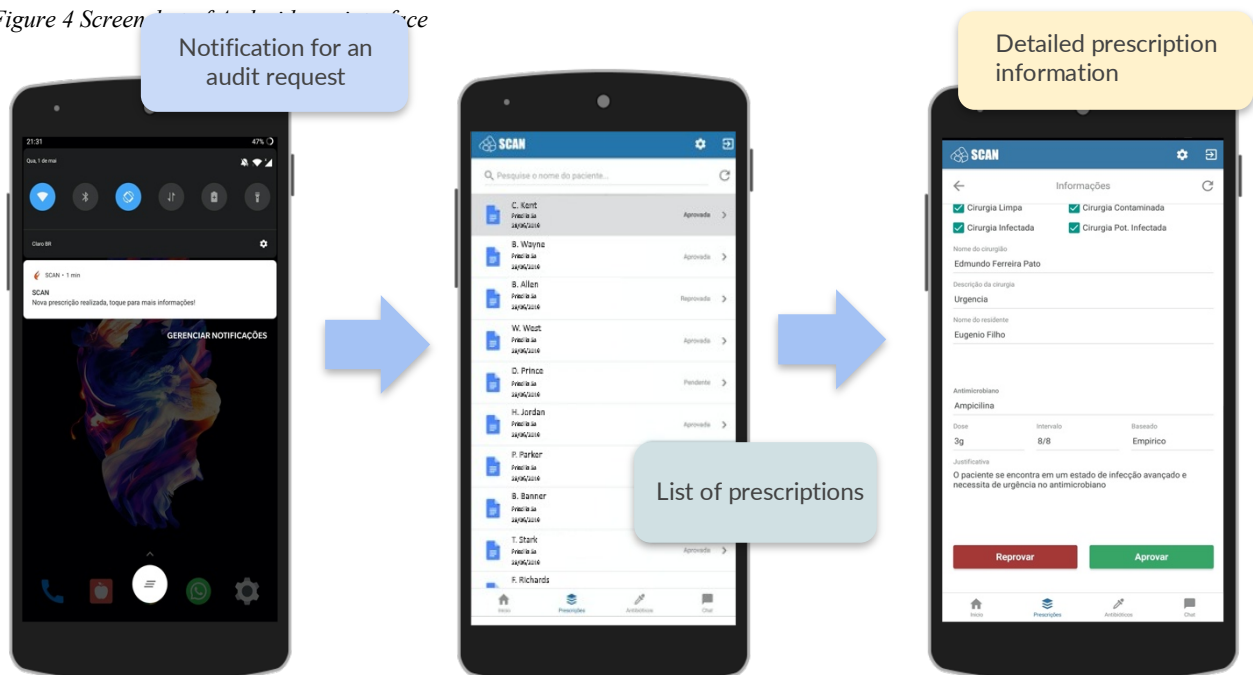
As part of prospective audit, the IDP verifies the facts: therapy is considered inadequate due to clinical and pharmacological inaccuracy or because antibiotics are not needed. Therapy is considered entirely appropriate when the IDP agrees that therapy is necessary and that the chosen drug is appropriate after evaluation of clinical, economic and pharmacological considerations. The data that allows the IDP to assess the adequacy of the medical prescription is partially represented by Figure 3.

Figure 3 Screenshot of IDP's review interface

The screenshot shows a web-based interface for reviewing a prescription. The title is "Menu Infectologista". The main section is "Dados prescrição" with a status of "Pendente" and a date of "9/16/2019". The patient's name is "Infeção Hospitalar, Sítio Cirúrgico, Klebsiella sp". Under "Dispositivos Invasivos", there are checkboxes for "Acesso venoso central", "Sonda vesical de demora", "Sonda de alívio", "Intubação", "Dreno", "Acesso venoso periférico", and "Nenhum". The "Antimicrobianos prescritos" section shows "POLIMIXINA SULFATO B 500000 UI" with a dosage of "2 unidades()", an interval of "12/12 horas()", and a duration of "28 dias()". There are buttons for "Finalizar prescrição" and "Avaliar prescrição".

The mobile app (Figure 4) is only available to the infectious disease management specialist. Alert notifications occur in different situations: 1) prescription discordant with the empirical protocol for treating infections. 2) infection by multi-resistant bacteria. 3) critical stock of antibiotics.

Figure 4 Screen of SCAN mobile app interface



Discussion

We developed SCAN, a technological solution designed by a team formed by an infectious disease physician and two software developers, as an alternative to improve the use of antibiotics and the surveillance of this use. The challenge was to develop an obtainable software solution to coordinate all complex and multidisciplinary approaches, allowing the IDP to oversee the entire process.

This intervention proposal is compatible with the evidence that Health Information Technology has a lot to offer the antimicrobial management process (27-29) through infection prevention, rational use of antibiotics and surveillance of multi-resistant bacteria. Each hospital is expected to take action on opportunities in its antimicrobial stewardship program and, combined with infection prevention, improve a collaborative and multidisciplinary approach to optimize antibiotic use (30-32).

An essential element of this project was the focus on the role of the infectious disease physician in an antimicrobial stewardship program (33-34). The personal experience working as a team of two people serving a 300-bed tertiary care hospital was the basis for the need to innovate the way we work. The IDP competencies - collecting and using data, promoting the exchange of information between the healthcare teams, monitoring the volume and overall quality of antibiotic use and surveillance of multi-resistant bacteria - could have been more efficient if we had a computerized tool built accordingly with our needs. To collaborate properly with software developers, IDP needed to acquire new skills such as, understanding how development starts with a basic foundation and iterates over it until the final product.

A sequence of steps was developed to assist doctors in the most appropriate selection of drugs already in quantities calculated for treatment, integrated with stock control and the availability of the chosen antibiotic until the end of the treatment period.

The integration of the flow of information when prescribing the antibiotic promoted by the application is of great importance for increasing the quality of care, making this process focused and quick so that therapeutic decision becomes more agile. The program was initially developed to support empirical antibiotic therapy, but it also addressed de-escalation strategies at the time of microbiological diagnosis.

By providing feedback on the prescriptions, we tried to create responsible drug use policies.

One of the most promising antimicrobial management intervention strategies is prospective auditing and feedback (35,36). The analysis of rejection of antibiotic orders revealed an opportunity for educational effort in terms of antibiotic administration (37).

We describe our efforts to demonstrate that the use of the application is feasible and it's possible to restructure the whole process, under supervision of the IDP, through a remote overview in the pocket, from the time of antibiotic prescription until the time of release. In addition, to intervene appropriately and in a timely manner when necessary. This “look” and this “help” happen through an automated program that acts partially as an adviser.

The database has been setup to collect data from patients, drugs and microorganisms and makes it possible to use. Data about patients: demographic characteristics, comorbidities and severity, length of hospital stay, risk factors to healthcare associated infections. Information about antibiotics: dispensed doses, duration of use, inaccurate dosage, antimicrobial prescribing patterns, and surveillance of target antibiotics (such as those that may be more expensive, broader in spectrum or with a stronger association with *C. difficile*). Also on data about microorganisms: hospital antibiograms, patient-specific microbiological cultures and susceptibility.

As previously discussed, the system can be used as an overview and management tool.

But it is also designed to use the data it collects to help refine, asses trends in use, identify areas that require interventions and even create predictive models.

The main limitation is that the application is purely focused on antimicrobial stewardship and has not integrated all the IDP's infection control activities. The programming language in which it was built also makes it difficult to maintain and improve the software. The team is now in its final stage of migrating from Delphi to a web-based solution.

Conclusion

The challenge of microbial resistance and the increasing complexity demanded in antimicrobial management programs require an effort to develop better strategies for the Infectious Diseases Physician's work. We propose that information and communication

can be the basis for improving the quality of care and antimicrobial management. And we developed a technological tool to provide it and that can be applicable to other hospitals.

The result of the present study demonstrates that capacity to extract adequate data, its analysis, remote monitoring and return of information as prescribing advice and guidance plays presents an option to improve antibiotic use and infection control programs.

Studies that assess the impact of implementing electronic interventions on antimicrobial management are still insufficient in Brazil. Therefore, it is very important to develop research that evaluates the effectiveness of these technological solutions, especially on the impact on antibiotic consumption rates, hospital costs, antimicrobial resistance and patient evolution.

Conflicts of interest

The authors declare no conflicts of interest.

Human and Animal Rights and Informed Consent

This article does not contain any studies with human or animal subjects performed by the authors.

References

1. Yang J, Zheng L, Guan Y, Song C. Analysis of the impact of antimicrobial management and rational use of antibiotics. *Eur J Hosp Pharm.* 2020; 27(5):286-291. <http://dx.doi.org/10.1136/ejhpharm-2018-001609>
2. KaKi R, Elligsen M, Walker S, Simor A, Palmany L, Daneman N. Impact of antimicrobial stewardship in critical care: a systematic review. *J Antimicrob Chemother.* 2011; 66: 1223-30. <https://doi.org/10.1093/jac/dkr137>
3. Bauer KA, Kullar R, Gilchrist M, File TM Jr. Antibiotics and adverse events: the role of antimicrobial stewardship programs in 'doing no harm'. *Curr Opin Infect Dis.* 2019; 32(6):553-8. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000604>
4. Hwang AY, Gums JG. The emergence and evolution of antimicrobial resistance: Impact on a global scale. *Bioorg Med Chem.* 2016; 24(24):6440-5. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2016.04.027>
5. O'Neill J. Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations. The Review on Antimicrobial Resistance; London, UK: 2014.
6. Holmes AH, Moore LS, Sundsfjord A, Steinbakk M, Regmi S, *et al.* Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *Lancet.* 2016; 387(10014):176-87. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00473-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0)
7. MacDougall C, Polk R. Antimicrobial stewardship programs in health care systems. *Clin Microbiol Rev* 2005; 18(4):638–56. <https://doi.org/10.1128/CMR.18.4.638-656.2005>
8. Nathwani D, Scottish Medicines Consortium, Short Life Working Group, Scottish Executive Health Department Healthcare Associated Infection Task Force. Antimicrobial prescribing policy and practice in Scotland: recommendations for good antimicrobial practice in acute hospitals. *J Antimicrob Chemother* 2006; 57(6):1189–96. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl137>

9. Dellit HT, Owens RC, McGowan JE, Gerding DN, Weinstein RA, et al. Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship. *Clin Infect Dis* 2007; 44(2):159–77. <https://doi.org/10.1086/510393>
10. Yeo CL, Wu JE, Chung GW, Chan DS, Chen HH, Hsu LY. Antimicrobial stewardship auditing of patients reviewed by infectious diseases physicians in a tertiary university hospital. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2013; 2(1):29. Published 2013 Nov 1. <https://doi.org/10.1186/2047-2994-2-29>
11. Barlam TF, Cosgrove SE, Abbo LM, MacDougall C, Schuetz A. N, et al. Implementing an Antibiotic Stewardship Program: Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America. *Clin. Infect. Dis*. 2016; 62(10):e51-e77. <https://doi.org/10.1086/510393>
- 12 Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats, Knobler SL, Burroughs T, Mahmoud A, Lemon SM, eds. *Ensuring an Infectious Disease Workforce: Education and Training Needs for the 21st Century*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2006. <http://www.nap.edu/catalog/11563.html>
- 13 Nahass RG. The infectious diseases physician in the future of healthcare: not only about antibiotic prescribing. *Clin Infect Dis*. 2015; 60(5):773-6. <http://doi.org/10.1093/cid/ciu925>.
14. Brady RR, Chitnis S, Stewart RW, Graham C, Yalamarthy S, Morris K. NHS connecting for health: healthcare professionals, mobile technology, and infection control. *Telemed J E Health*. 2012; 18(4): 289-91. <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2011.0147>
15. Poltronieri E, Barbaro A, Gentili D, Napolitani F. Iniziative "mobili" a supporto della salute: le app per l'informazione scientifica e la pratica medica [Mobile applications for the health sector: apps to support scientific information and medical practice]. *Epidemiol Prev*. 2013; 37(1):77-82.

16. Curtis CE, Al Bahar F, Marriott JF. The effectiveness of computerised decision support on antibiotic use in hospitals: a systematic review. *PLoS ONE*. 2017;12(8):e0183062. Published 2017 Aug 24.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183062>
17. Goldzweig CL, Towfigh A, Maglione M, Shekelle PG. Costs and benefits of health information technology: new trends from the literature. *Health Aff Millwood*. 2009; 28: 282-93.
18. Nault V, Pepin J, Beaudoin M, Perron J, Moutquin JM, Valiquette L. Sustained impact of a computer-assisted antimicrobial stewardship intervention on antimicrobial use and length of stay. *Journal of Antimicrob Chemother*. 2017; 72(3): 93-40. <https://doi.org/10.1093/jac/dkw468>
19. King A, Cresswell KM, Coleman JJ, et al. Investigating the ways in which health information technology can promote antimicrobial stewardship: a conceptual overview. *J R Soc Med*. 2017;110(8):320-9.
<https://doi.org/10.1177%2F0141076817722049>
20. Rodriguez-Maresca M, Sorlozano A, Grau M, Rodriguez-Castaño R, Ruiz-Valverde, Gutierrez-Fernandez J. Implementation of a computerized decision support system to improve the appropriateness of antibiotic therapy using local microbiologic data. *Biomed Res Int*. 2014; 2014:395434. <https://doi.org/10.1155/2014/395434>
21. Potasman I, Naftali G, Grupper M. Impact of a Computerized Integrated Antibiotic Authorization System. *Isr Med Assoc J*. 2012; 14: 415-9.
22. Silva BM, Rodrigues JJ, de la Torre Díez I, López-Coronado M, Saleem K. Mobile-health: a review of current state in 2015. *J Biomed Inform*. 2015; 56: 265-72.
<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.06.003>
23. Tuon FF, Gasparetto J, Wollmann LC, Moraes TP. Mobile health application to assist doctors in antibiotic prescription - an approach for antibiotic stewardship. *Braz J Infect Dis*. 2017; 21: 660-4. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2017.08.002>

24. Buising KL, Thursky KA, Robertson MB. Electronic antibiotic stewardship - reduced consumption of broad-spectrum antibiotics using a computerized antimicrobial approval system in a hospital setting. *J Antimicrob Chemother.* 2008; 62: 608-16.
<https://doi.org/10.1093/jac/dkn218>
25. Nachtigall I, Tafelski S, Deja M. Long-term effect of computer-assisted decision support for antibiotic treatment in critically ill patients: a prospective 'before/after' cohort study. *BMJ Open* 2014; 4: 53-70. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005370>
26. Mullett CJ, Thomas JG, Smith CL, Sarwari AR, Khakoo RA. Computerized antimicrobial decision support: an offline evaluation of a database-driven empiric antimicrobial guidance program in hospitalized patients with a bloodstream infection. *Int J Med Inform.* 2004;73(5):455-60.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2004.04.002>
27. Kullar R, Goff DA. Transformation of antimicrobial stewardship programs through technology and informatics. *Infect Dis Clin North Am.* 2014 Jun;28(2):291-300.
<https://doi.org/10.1016/j.idc.2014.01.009>
28. Bremmer DN, Trienski TL, Walsh TL, Moffa MA. Role of Technology in Antimicrobial Stewardship. *Med Clin North Am.* 2018 Sep;102(5):955-963
<https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.05.007>
29. Lin MY, Trick WE. Informatics in Infection Control. *Infect Dis Clin North Am.* 2016 Sep;30(3):759-70.
<https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.04.011>
30. Goff DA, Kullar R, Goldstein EJC, et al. A global call from five countries to collaborate in antibiotic stewardship: united we succeed, divided we might fail. *Lancet Infect Dis.* 2017;17(2):e56-e63. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30386-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30386-3)
31. Spellberg B, Guidos R, Gilbert D, et al. The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. *Clin. Infect. Dis.* 2008;46(2):155-64.
<https://doi.org/10.1086/524891>

32. Bauer KA, Kullar R, Gilchrist M, File TM Jr. Antibiotics and adverse events: the role of antimicrobial stewardship programs in ‘doing no harm’. *Curr Opin Infect Dis.* 2019;32(6):553-8. <https://doi.org/QCO.0000000000000604>
33. Sunenshine RH, Liedtke LA, Jernigan DB, Strausbaugh LJ; Infectious Diseases Society of America Emerging Infections Network. Role of infectious diseases consultants in management of antimicrobial use in hospitals. *Clin Infect Dis.* 2004; 38(7):934-8. <https://doi.org/10.1086/382358>
34. Petrak RM, Sexton DJ, Butera ML, et al. The value of an infectious disease’s specialist. *Clin Infect Dis.* 2003;36(8):1013-1017. doi:10.1086/374245 of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship. *Clin Infect Dis* 2007;44(2):159–77.
35. Chung GW, Wu JE, Yeo CL, Chan D, Hsu LY. Antimicrobial stewardship: a review of prospective audit and feedback systems and an objective evaluation of outcomes. *Virulence.* 2013; 4(2):151-7. doi:10.4161/viru.21626. <https://doi.org/10.4161/viru.21626>
36. Morrill HJ, Caffrey AR, Gaitanis MM, LaPlante KL. Impact of a Prospective Audit and Feedback Antimicrobial Stewardship Program at a Veterans Affairs Medical Center: A Six-Point Assessment. *PLoS One.* 2016;11(3):e0150795. Published 2016 Mar 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150795>
37. DiazGranados CA. Prospective audit for antimicrobial stewardship in intensive care: impact on resistance and clinical outcomes. *Am J Infect Control.* 2012; 40(6):526-9. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2011.07.011>

Como citar este artigo

Sá PKO, . **An antimicrobial management application in the Infectious Diseases Specialist's pocket.** Clinics. [online], volume X, n. X. Editor responsável:, mês e ano, p. XX-XX. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/resdite/index>. Acesso em “dia/mês/ano”.

Data de recebimento
do artigo: Data de
aprovação do artigo:

V. CONCLUSÃO

SCAN, Sistema de Controle Antimicrobiano, é o protótipo de uma ferramenta tecnológica que se propõe a aperfeiçoar o controle de prescrição de antimicrobianos, utilizando um sistema informatizado em que dados microbiológicos, farmacêuticos e protocolos e diretrizes de antibioticoterapia estarão disponíveis ao usuário prescriptor no momento da decisão, permitindo uma prescrição racional e facilitada. Além disso, propõe-se a melhorar o sistema de auditoria pelo Serviço de Controle de Infecção Hospitalar, com a liberação imediata do antibiótico caso haja conformidade com os protocolos pré-estabelecidos e, em caso contrário, com geração de alertas via aplicativo móvel para o administrador do sistema (infectologista), possibilitando *feedback* para o prescriptor pelo mesmo aplicativo, visando a justificativa ou a correção da prescrição caso a inconformidade não seja aceitável.

Nesse estudo, desenvolveu-se um sistema de monitoramento computadorizado, integrando noções de uso racional de antibiótico a uma ferramenta de apoio à prescrição de antimicrobianos, resultando em um método promissor tanto para a gestão como para a assistência prestada ao paciente. No futuro, esperamos implantar o SCAN no ambiente hospitalar e avaliar sua eficiência como ferramenta oportuna para o avanço dos processos relacionados ao controle, ao aumento da qualidade da prescrição médica, garantindo o uso adequado dos antimicrobianos.

VI. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Recomendações para a prática clínica

Para minimizar a diversidade de tratamento e o uso inadequado de antimicrobianos, os prescritores devem estar cientes de que um tratamento empírico de amplo espectro não resulta em tratamento mais eficaz, mas aumenta a seleção da resistência antimicrobiana. Um esforço multidisciplinar deve ser feito para melhorar a conformidade com as diretrizes locais de tratamento antimicrobiano. Na busca por melhores resultados, por melhorias na prestação da assistência à saúde, para um uso racional de antimicrobianos e para diminuição dos custos, é necessário que os processos sejam modificados e o sistema de informação desenvolvido nesse estudo seja aplicado e, principalmente, institucionalizado.

Envolver os prescritores no desenvolvimento de políticas de utilização responsável de medicamentos, fornecer *feedback* sobre suas prescrições e melhorar as plataformas existentes de colaboração e suporte a decisões podem melhorar ainda mais o uso criterioso de antibióticos.

6.2. Recomendações para a pesquisa

Estudos avaliando a implementação de ferramentas tecnológicas para melhoria de qualidade assistencial no cenário de tratamento de infecções bacterianas em pacientes em ambiente hospitalar ainda são escassos no Brasil. Portanto, desenvolver pesquisas que tenham como objetivo avaliar a implantação e a efetividade dessas ferramentas, sobretudo com foco no impacto das medidas planejadas na melhoria da assistência e da sobrevivência dos pacientes, é muito importante dentro da linha de cuidado ao paciente.

VII.REFERÊNCIAS

1. Morens DM, Folkers GK, Fauci AS. Emerging infections: a perpetual challenge. *Lancet Infect Dis.* 2008; 8: 710-19.
2. Sanchez S, Demain AL. The amazing world of antibiotics. *Biochem Pharmacol.* 2017; 133: 1-3.
3. Lipsky BA, Hoey C. Topical antimicrobial therapy for treating chronic wounds. *Clin Infect Dis.* 2009; 49: 1541-9.
4. Infectious Diseases Society of America (IDSA), Spellberg B, Blaser M, et al. Combating antimicrobial resistance: policy recommendations to save lives. *Clin Infect Dis.* 2011; 52: 397-429.
5. Wenzel RP. The antibiotic pipeline--challenges, costs, and values. *N Engl J Med.* 2004; 351: 523-6.
6. Abboud FM, Waisbren BA. Correlation between in vitro studies and response to antibiotic therapy in staphylococccic bacteremia. *AMA Arch Intern Med.* 1959; 104: 226-33.
7. Fauci AS, Morens DM. The perpetual challenge of infectious diseases. *N England J Med.*2012; 366: 454-61.
8. Singer M. Pathogen-pathogen interaction: a syndemic model of complex biosocial processes in disease. *Virulence.* 2010; 1: 10-18.
9. Morens DM, Folkers GK, Fauci AS. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature.* 2010; 430: 242-9.
10. Smolinski MS, Hamburg MA, Lederberg J. *Microbial Threats to Health: Emergence, Detection, and Response.* Washington: National Academies Press; 2003.
11. Weiss RA, McMichael AJ. Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nature.* 2004; 10: 70-6.
12. Davies J, Davies D. Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2010; 74: 417-33.
13. Walsh C. Molecular mechanisms that confer antibacterial drug resistance. *Nature.* 2000; 406: 775-81.
14. D'Costa V, Wright GD. *Biochemical Logic of Antibiotic Inactivation and Modification: Infectious Disease.* Totowa: Humana Press; 2009.
15. Huijben S, Bell AS, Sim DG, Tomasello D, Mideo N, Day T. Aggressive chemotherapy and the selection of drug resist and pathogens. *PLoS Pathog.*2013; 9: e1003578.
16. World Health Organization. *The evolving threat of antimicrobial resistance: options for action.* Geneva. World Health Organization; 2012.

17. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Geneva. World Health Organization; 2014.
18. Chang Q, Wang W, Regev-Yochay G, Lipsitch M, Hanage WP. Antibiotics in agriculture and the risk to human health: how worried should we be? *Evol Appl.* 2015; 8:240-7.
19. Cassell J, Balakrishnan I, Samarasinghe D, Mistry P, Prentice HG, Gillespie SH. RP59500 (Quinupristin/ dalfopristin): three case reports of its use in infection due to *Enterococcus faecium*. *Journal of Infection.* 1998; 36: 324-7.
20. Swartz MN. Use of antimicrobial agents and drug resistance. *New England Journal of Medicine.* 1997; 337:491-2.
21. Nair D, Venkitanarayanan K, Kollanoor Johny A. Antibiotic-Resistant Salmonella in the Food Supply and the Potential Role of Antibiotic Alternatives for Control. *Foods.* 2018; 7:167.
22. Mellon MC, Benbrook C, Benbrook KL. Hogging it: estimates of antimicrobial abuse in livestock. Union of Concerned Scientists. UCS, Publications, Cambridge. 2001; 87.
23. Harrison EM, Paterson GK, Holden MTG, Larsen J, Stegger M, Whole genome sequencing identifies zoonotic transmission of MRSA isolates with the novel *mecA* homologue *mecC*. *EMBO Mol Med.* 2013; 5:509-15.
24. Mathew AG, Cissell R, Liamthong S. Antibiotic resistance in bacteria associated with food animals: a United States perspective of livestock production. *Foodborne Pathog Dis* 2007; 4:115-33.
25. Cully M. Public health: The politics of antibiotics. *Nature.* 2014; 509: 16-7.
26. Onzi PS, Hoffman SP, Camargo AL. Avaliação do consumo de antimicrobianos injetáveis de um hospital privado no ano de 2009. *R. Bras. Farm. Hosp. Serv. Saúde.* 2011; 2: 20-5.
27. Stolley PD, Lasagna L. Prescribing patterns of physicians. *J Chronic Dis.* 1969; 22: 395- 405.
28. Slama TG. Gram-negative antibiotic resistance: there is a price to pay. *Crit Care.* 2008; 12: 4.
29. Nyquist AC, Gonzales R, Steiner JF, Sande MA. Antibiotic prescribing for children with colds, upper respiratory tract infections, and bronchitis. *JAMA.* 1998; 279: 875-7.
30. Gumodoka B, Vos J, Berege ZA, van Asten HÁ, Dolmans WM, Borgdorff MW. Infection practices in Mwanza region, Tanzania: prescriptions patient demand and sterility. *Trop Med Int Health.* 1996; 1: 874-80.
31. Bergen PJ, LI J, Nation RL. Dosing of colistin-back to basic PK/PD. *Curr Opin Pharmacol.* 2011; 11: 464-9.
32. Spellberg B, Bartlett JG, Gilbert DN. The future of antibiotics and resistance. *N Engl J Med.* 2013; 368: 299-302.

33. Van Boeckel TP, Gandra S, Ashok A. Global antibiotic consumption 2000 to 2010: an analysis of national pharmaceutical sales data. *Lancet Infect Dis.* 2014; 14: 742-50.
34. Centers for Disease Control and Prevention (US). Antibiotic resistance trends in the United States, 2013. Atlanta: CDC; 2013.
35. European Centre for Disease Prevention and Control, European Medicines Agency. Surveillance of antimicrobial resistance in Europe: annual report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-NET) 2017.
36. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Gerência Geral de Tecnologia em Serviços de Saúde. Boletim de Segurança do Paciente e Qualidade em Serviços de Saúde n.14: Avaliação dos Indicadores Nacionais das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde e Resistência Microbiana do Ano de 2015. Brasília: Anvisa, 2016.
37. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Boletim de Segurança do Paciente e Qualidade em Serviços em Saúde n.17: Avaliação dos Indicadores Nacionais das Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde e Resistência Microbiana do Ano de 2017. Brasília: Anvisa, 2018.
38. Colson AR, Megiddo I, Alvarez-Uria G. Quantifying uncertainty about future antimicrobial resistance: comparing structure expert judgement and statistical forecasting methods. *PLoS One.* 2019; e:0219190.
39. European Centre for Disease Prevention and Control, European Medicines Agency. The bacterial challenge: time to react. Stockholm, Sweden: ECDPC/EMA; 2009.
40. Leeb M. Antibiotics: a shot in the arm. *Nature.* 2004; 431: 892-3.
41. Kadens E. Preserving a precious resource: Rationalizing the use of antibiotics. *Northwestern University Law Review.* 2009; 99: 611-75.
42. Levy SC. The antibiotic paradox: how the misuse of antibiotics destroys their curative powers. Cambridge, MA: Perseus Publishing; 2002.
43. Zimlichman E, Henderson D, Tamir O, Franz C, Song P, Yamin CK, Keohane C, et al. Health care-associated infections: a meta-analysis of costs and financial impact on the US health care system. *JAMA Intern Med.* 2013; 173:2039-46.
44. Zingg W, Holmes A, Dettenkofer M, Goetting T, Secci F, Clack L, et al. Systematic review and evidence-based guidance on organization of hospital infection control programmes (SIGHT) study group. Hospital organisation, management, and structure for prevention of health-care-associated infection: a systematic review and expert consensus. *Lancet Infect Dis.* 2015; 15:212-24.
45. Chiang HY, Perencevich EN, Nair R, Nelson RE, Samore M, Khader K, et al. Incidence and Outcomes Associated with Infections Caused by Vancomycin-Resistant Enterococci in the United States: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2017; 38:203-15.
46. Suetens C, Latour K, Kärki T, Ricchizzi E, Kinross P, Moro ML, et al; The Healthcare-Associated Infections Prevalence Study Group. Prevalence of healthcare-associated infections estimated incidence and composite antimicrobial resistance index in

acute care hospitals and long-term care facilities: results from two European point prevalence surveys, 2016 to 2017. *Euro Surveill.* 2018; 23:1800516.

47. Lacerda RA, Jouclas VMG, Egry EY. Infecções hospitalares no Brasil. Ações governamentais para o seu controle enquanto expressão de políticas sociais na área de saúde. *Rev Esc Enferm USP.* 1996; 30:93-115.

48. Prade SS, Oliveira ST, Rodriguez R. Estudo brasileiro da magnitude das infecções hospitalares em hospitais terciários. *Rev Contr Inf Hosp.* 1995; 2:11-25.

49. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n. 2.616, de 12 de maio de 1998. Dispõe sobre diretrizes e normas para a prevenção e o controle das infecções hospitalares. Brasília; 1998.

50. Brasil. Lei no 9.782, de 26 de Janeiro de 1999. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* Brasília, DF, 26 jan 1999a.

51. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Projeto de implantação da rede nacional de monitoramento da resistência microbiana em serviços de saúde. Termo de Cooperação Anvisa/OPAS. Brasília, DF: Anvisa; 2005.

52. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada-RDC Nº 44, de 26 de outubro de 2010. Dispõe sobre o controle de medicamentos à base de substâncias classificadas como antimicrobianos, de uso sob prescrição médica, isoladas ou em associação e dá outras providências. Brasília, DF: Anvisa; 2010.

53. Brasil. Resolução da Diretoria Colegiada nº 20, de 5 de maio de 2011. Dispõe sobre o controle dos medicamentos à base de substâncias antimicrobianas. *Diário Oficial da União,* Brasília, 9 de maio de 2011.

54. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa no70, de 06 de outubro de 2003. Institui o Programa de Redução de Patógenos, Monitoramento Microbiológico e Controle de Salmonella sp. Em Carcaças de Frangos e Perus. *Diário Oficial da União,* Brasília, DF, 10 out. 2003.

55. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Programa Nacional de Prevenção e Controle de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (2016-2020). Novembro, 2016.

56. KaKi R, Elligsen M, Walker S, Simor A, Palmany L, Daneman N. Impact of antimicrobial stewardship in critical care: a systematic review. *J Antimicrob Chemother.* 2011; 66: 1223-30.

57. Burgess LH, Miller K, Cooper M, Moody J, Englebright J, Septimus E. Phased implementation of an antimicrobial stewardship program for a large community hospital system. *Am J Infect Control.* 2019; 47:69-73.

58. McGowan Jr JE, Gerding DN. Does antibiotic restriction prevent resistance? *New Horiz.* 1996; 4:370-6.

59. Pan American Health Organization, Florida International University. Recommendations for Implementing Antimicrobial Stewardship Programs in Latin America and the Caribbean: Manual for Public Health Decision-Makers. Washington, D.C. PAHO, FIU; 2018.
60. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Plano de Ação da Vigilância Sanitária em Resistência aos Antimicrobianos. Brasília; 2018.
61. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana nos Serviços de Saúde. Brasília; 2017.
62. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Projeto Stewardship Brasil: Avaliação Nacional dos Programas de Gerenciamento do Uso de Antimicrobianos em Unidade de Terapia Intensiva Adulto dos Hospitais Brasileiros. Brasília: ANVISA, 2019.
63. Bartlett JG, Gilbert DN, Spellberg B. Seven ways to preserve the miracle of antibiotics. *Clin Infect Dis.* 2013; 56: 1445-50.
64. Aminov RI. A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future. *Front Microbiol.* 2010; 1:134.
65. de Kraker ME, Jarlier V, Monen JC, Heuer OE, van de Sande N, Grundmann H. The changing epidemiology of bacteraemias in Europe: trends from the European Antimicrobial Resistance Surveillance System. *Clin Microbiol Infect.* 2013; 19:860-8.
66. Nogueira Junior C, Mello DS, Padoveze MC, Boszczowski I, Levin AS, Lacerda RA. Characterization of epidemiological surveillance systems for healthcare-associated infections (HAI) in the world and challenges for Brazil. *Cad Saude Publica.* 2014; 30:11-20.
67. Goldman DA, Weinstein RA, Wenzel RP. Strategies to Prevent and Control the Emergence and Spread of Antimicrobial-Resistant Microorganisms in Hospitals. A challenge to hospital leadership. *JAMA.* 1996; 275: 234-40.
68. de Melo RC, de Araújo BC, de Bortoli MC, Toma TS. Gestão das intervenções de prevenção e controle da resistência a antimicrobianos em hospitais: revisão de evidências [Prevention and control of antimicrobial stewardship: a review of evidenceGestión de las intervenciones en materia de prevención y control de la resistencia a los antimicrobianos en los hospitales: revisión de la evidencia]. *Rev Panam Salud Publica.* 2020; 44: e35.
69. Tarrant C, Colman AM, Chattoe-Brown E, Jenkins DR, Mehtar S, Perera N, Krockow EM. Optimizing antibiotic prescribing: collective approaches to managing a common-pool resource. *Clin Microbiol Infect.* 2019; 25:1356-63.
70. Fleming-Dutra KE, Hersh AL, Shapiro DJ, Bartoces M, Enns EA, et al. Prevalence of Inappropriate Antibiotic Prescriptions Among US Ambulatory Care Visits, 2010-2011. *JAMA.* 2016; 315:1864-73.
71. Bugnon-Reber A, de Torrenté A, Troillet N, Genné D; ETUDAS group. Antibiotic misuse in medium-sized Swiss hospitals. *Swiss Med Wkly.* 2004; 134:481-5.

72. Bai Y, Wang S, Yin X, et al. Factors associated with doctors' knowledge on antibiotic use in China. *Sci Rep.* 2016; 6: 23-9.
73. World Health Organization. WHO Global strategy for containment of antimicrobial resistance. Switzerland. Switzerland: WHO; 2001.
74. Sikkens JJ, van Agtmael MA, Peters EJ, Vandenbroucke-Grauls CM, Kramer MH, de Vet HC. Assessment of appropriate antimicrobial prescribing: do experts agree? *J Antimicrob Chemother.* 2016; 71:2980-7.
75. World Health Organization. The rational use of drugs: report of the Conference of Experts Nairobi. Geneva: WHO; 1987.
76. Malacarne P, Rossi C, Bertolini G; GiViTI Group. Antibiotic usage in intensive care units: a pharmaco-epidemiological multicentre study. *J Antimicrob Chemother.* 2004; 54:221-4.
77. de Bus L, Gadeyne B, Steen J, Boelens J, Claeys G, Benoit D, De Waele J, Decruyenaere J, Depuydt P. A complete and multifaceted overview of antibiotic use and infection diagnosis in the intensive care unit: results from a prospective four-year registration. *Crit Care.* 2018; 22:241.
78. Ali M, Naureen H, Tariq MH, Farrukh MJ, Usman A, Khattak S, Ahsan H. Rational use of antibiotics in an intensive care unit: a retrospective study of the impact on clinical outcomes and mortality rate. *Infect Drug Resist.* 2019; 12:493-9.
79. Barret ML, Smith MW, Elixhauser A, Honigman LS, Pines JM. Utilization of intensive care services, 2011. Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality, 2014.
80. National Nosocomial Infections Surveillance System. National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System Report. *Am J Infect Control.* 2004; 32: 470-85.
81. de With K, Bergner J, Buhner R, Dorje F. Antibiotic use in German university hospitals 1998-2000 (Project INTERUNI-II). *Int J Antimicrob Agents.* 2004; 24: 213-8.
82. Hermosilla Nájera L, Canut Blasco A, Ulibarrena Sanz M, Aasolo Osinaga E. Trends in antimicrobial utilization at a Spanish general hospital during a 5-year period. *Pharmacoepidemiol Drug Saf.* 2003; 12: 243-7.
83. Kern WV, de With K, Steib-Bauert M. Antibiotic use in non-university regional acute care general hospitals in southwestern Germany, 2001-2002. *Infection.* 2005; 33:333-9.
84. Bergmans DC, Bonten MJ, Gaillard CA, van Tiel FH, van der Geest S, et al: Indications for antibiotic use in ICU patients: a one-year prospective surveillance. *J Antimicrob Chemother.* 1997; 39:527-35.
85. Roberts JA, Paul SK, Akova M, Bassetti M, De Waele JJ, Dimopoulos G, Kaukonen KM, Koulenti D, Martin C, Montravers P, Rello J, Rhodes A, Starr T, Wallis SC, Lipman J: DALI: defining antibiotic levels in intensive care unit patients: are current beta-lactam antibiotic doses sufficient for critically ill patients?. *Clin Infect Dis.* 2014; 58:1072-83.

86. Kollef MH: Optimizing antibiotic therapy in the intensive care unit setting. *Crit Care*. 2001;5: 189-95.
87. Kollef MH, Fraser VJ: Antibiotic resistance in the intensive care unit. *Ann Intern Med*. 2001; 134: 298-314.
88. Preveen RA, Nasu M, Farh N. Antibiotics in ICU: the challenges of use, cost and response in a tertiary care hospital. *Int J Med Res Health Sci*. 2018; 7: 94-9.
89. Pulcini C, Binda F, Lamkang AS, Trett A, Charani E, Goff DA. Developing core elements and checklist items for global hospital antimicrobial stewardship programmes: a consensus approach. *Clin Microbiol Infect*. 2019; 25: 20-5.
90. Leekha S, Terrell CL, Edson RS. General principles of antimicrobial therapy. *Mayo Clin Proc*. 2011; 86:156–67.
91. van der Velden L.B, Tromp M., Bleeker-Rovers CP. Non-adherence to antimicrobial treatment guidelines results in more broad-spectrum but not more appropriate therapy. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2012; 31:1561-8.
92. Teo CK, Baysari MT, Day RO. Understanding Compliance to an Antibiotic Prescribing Policy: Perspectives of Policymakers and Prescribers. *Journal of Pharmacy Practice and Research*. 2013; 43:32-6.
93. Wathne JS, Harthug S, Kleppe L.K.S. The association between adherence to national antibiotic guidelines and mortality, readmission and length of stay in hospital inpatients: results from a Norwegian multicentre, observational cohort study. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019; 8:63.
94. McCabe C, Kirchner C, Zhang H, Daley J, Fisman DN. Guideline-concordant therapy and reduced mortality and length of stay in adults with community-acquired pneumonia: playing by the rules. *Arch Intern Med*. 2009; 169:1525-31.
95. Bassi GL, Ferrer M, Saucedo LM, Torres A. Do guidelines change outcomes in ventilator-associated pneumonia? *Curr Opin Infect Dis*. 2010; 23:171–7.
96. Peter GM Mol, Jaap E Wieringa, Prashant V NannanPanday, Rijk OB Gans, Degener M Laseur. Improving compliance with hospital antibiotic guidelines: a time-series intervention analysis. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2005; 4:550-7.
97. MacDougall C, Polk R. Antimicrobial stewardship programs in health care systems. *Clin Microbiol Rev* 2005; 18:638–56.
98. Nathwani D, Scottish Medicines Consortium, Short Life Working Group, Scottish Executive Health Department Healthcare Associated Infection Task Force. Antimicrobial prescribing policy and practice in Scotland: recommendations for good antimicrobial practice in acute hospitals. *J Antimicrob Chemother* 2006; 57:1189–96.
99. Dellit HT, Owens RC, McGowan JE, Gerding DN, Weinstein RA, et al. Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship. *Clin Infect Dis* 2007; 44:159–77.

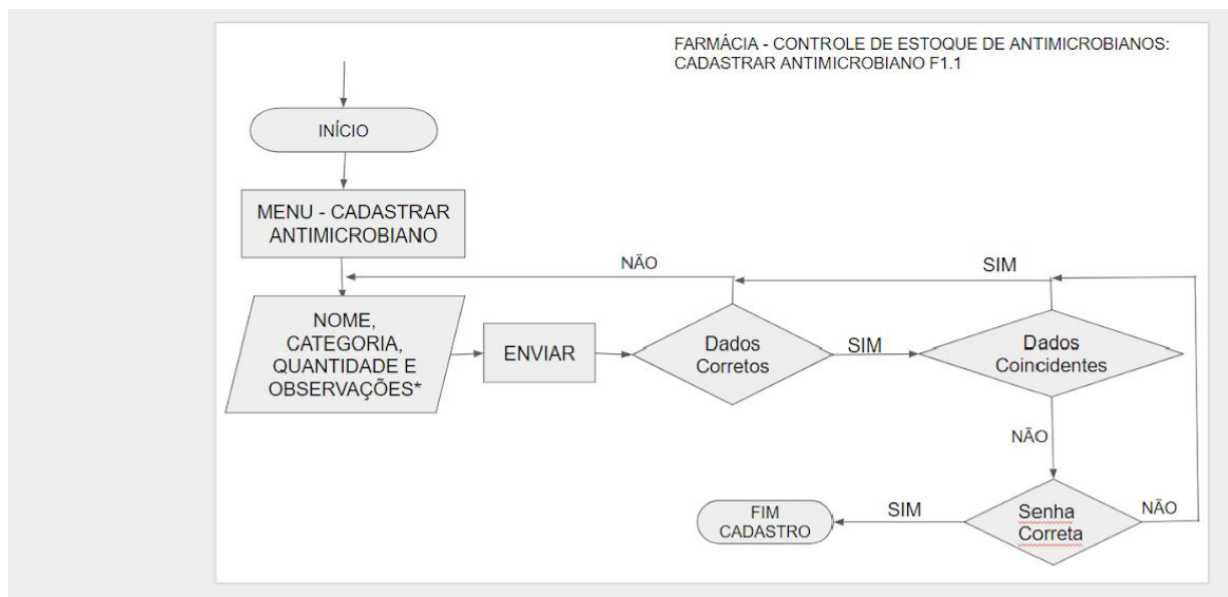
100. Yeo CL, Wu JE, Chung GW, Chan DS, Chen HH, Hsu LY. Antimicrobial stewardship auditing of patients reviewed by infectious diseases physicians in a tertiary university hospital. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2013; 2:29.
101. Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats, Knobler SL, Burroughs T, Mahmoud A, Lemon SM, eds. *Ensuring an Infectious Disease Workforce: Education and Training Needs for the 21st Century*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2006.
102. Nahass RG. The infectious diseases physician in the future of healthcare: not only about antibiotic prescribing. *Clin Infect Dis*. 2015; 60:773-6.
103. Goldzweig CL, Towfigh A, Maglione M, Shekelle PG. Costs and benefits of health information technology: new trends from the literature. *Health Aff Millwood*. 2009; 28: 282-93.
104. Pressman RS. *Engenharia de software*. Porto Alegre: MacGraw Hill Brasil; 2011. p. 90.
105. Kullar R, Goff DA. Transformation of antimicrobial stewardship programs through technology and informatics. *Infect Dis Clin North Am*. 2014; 28:291-300.
106. Bremmer DN, Trienski TL, Walsh TL, Moffa MA. Role of Technology in Antimicrobial Stewardship. *Med Clin North Am*. 2018; 102:955-63.
107. Lin MY, Trick WE. Informatics in Infection Control. *Infect Dis Clin North Am*. 2016; 30:759-70.
108. Alazraqui M, Mota E, Spinelli H. Sistemas de Informação em Saúde: de sistemas cerrados a la ciudadanía social. Un desafío en la reducción de desigualdades en la gestión local, *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. 2006; 22:2693-702.
109. Guimarães EMP, Évora YDM. Sistema de Informação: Instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. *Cien Inf*. 2004; 33:72-80.
110. Brasil, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Suspende a manutenção do Sistemas Sinais. <http://www.anvisa.gov.br/divulga/informes/2009/220509.htm> (accessed on 12/Aug/2011).
111. Taurion C. Apps como ponto chave da mobilidade. Portal iMasters. [periódico on line]. 2013 [acesso 8 dez 2018]. Disponível em: <http://imasters.com.br/mobile/apps-como-ponto-chave-da-mobilidade>.
112. Imielinski T, Badrinath BR. *Mobile Wireless Computing: solutions and challenges in data management*. New Brunswick: Rutgers University; 1993.
113. Figueiredo CM, Nakamura EF. Computação móvel: novas oportunidades e novos desafios. *T&C Amazônia*. 2003; 1:16-28.
114. Goff DA, Kullar R, Goldstein EJC, et al. A global call from five countries to collaborate in antibiotic stewardship: united we succeed, divided we might fail. *Lancet Infect Dis*. 2017;17:56-63.

115. Spellberg B, Guidos R, Gilbert D, et al. The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. *Clin. Infect. Dis.* 2008; 46:155–64.
116. Bauer KA, Kullar R, Gilchrist M, File TM Jr. Antibiotics and adverse events: the role of antimicrobial stewardship programs in ‘doing no harm’. *Curr Opin Infect Dis.* 2019; 32:553-8.
117. Curtis CE, Al Bahar F, Marriott JF. The effectiveness of computerised decision support on antibiotic use in hospitals: a systematic review. *PLoS One.* 2017; 12:e0183062.
118. Rodriguez-Maresca M, Sorlozano A, Grau M, Rodriguez-Castaño R, Ruiz-Valverde, Gutierrez-Fernandez J. Implementation of a computerized decision support system to improve the appropriateness of antibiotic therapy using local microbiologic data. *Biomed Res Int.* 2014; 14: 395-8.
119. Buising KL, Thursky KA, Robertson MB. Electronic antibiotic stewardship - reduced consumption of broad-spectrum antibiotics using a computerized antimicrobial approval system in a hospital setting. *J Antimicrob Chemother.* 2008; 62: 608-16.
120. Potasman I, Naftali G, Grupper M. Impact of a Computerized Integrated Antibiotic Authorization System. *Isr Med Assoc J.* 2012; 14: 415-9.
121. Silva BM, Rodrigues JJ, de la Torre Díez I, López-Coronado M, Saleem K. Mobile-health: a review of current state in 2015. *J Biomed Inform.* 2015; 56: 265-72.
122. Tuon FF, Gasparetto J, Wollmann LC, Moraes TP. Mobile health application to assist doctors in antibiotic prescription - an approach for antibiotic stewardship. *Braz J Infect Dis.* 2017; 21:660-4.
123. Brady RR, Chitnis S, Stewart RW, Graham C, Yalamarthy S, Morris K. NHS connecting for health: healthcare professionals, mobile technology, and infection control. *Telemed J E Health.* 2012; 18:289-91.
124. Poltronieri E, Barbaro A, Gentili D, Napolitani F. Iniziative "mobili" a supporto della salute: le app per l'informazione scientifica e la pratica medica [Mobile applications for the health sector: apps to support scientific information and medical practice]. *Epidemiol Prev.* 2013; 37:77-82.
125. Nault V, Pepin J, Beaudoin M, Perron J, Moutquin JM, Valiquette L. Sustained impact of a computer-assisted antimicrobial stewardship intervention on antimicrobial use and length of stay. *Journal of Antimicrob Chemother.* 2017; 72: 933-40.
126. King A, Cresswell KM, Coleman JJ, et al. Investigating the ways in which health information technology can promote antimicrobial stewardship: a conceptual overview. *J R Soc Med.* 2017; 110:320-9.
127. Marin HF, Massad E, Azevedo RS Neto. O prontuário eletrônico do paciente na assistência, informação e conhecimento médico. São Paulo: HF Marin. 2003; 1-20.
128. Mullett CJ, Thomas JG, Smith CL, Sarwari AR, Khakoo RA. Computerized antimicrobial decision support: an offline evaluation of a database-driven empiric

antimicrobial guidance program in hospitalized patients with a bloodstream infection. *Int J Med Inform.* 2004;73:455-6

APÊNDICES

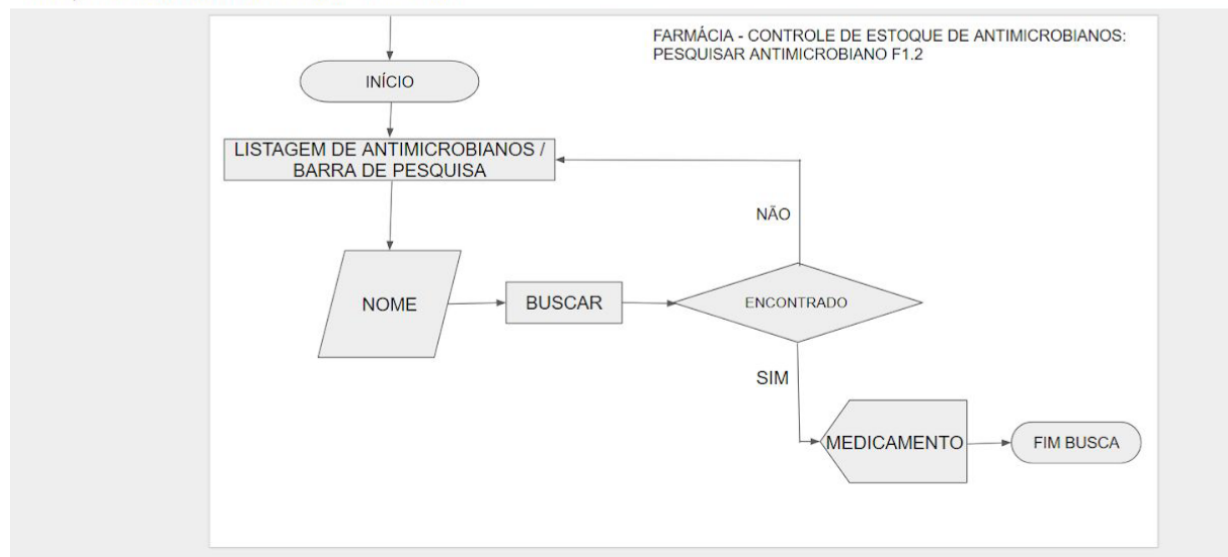
APÊNDICE 1 – Fluxogramas de funções



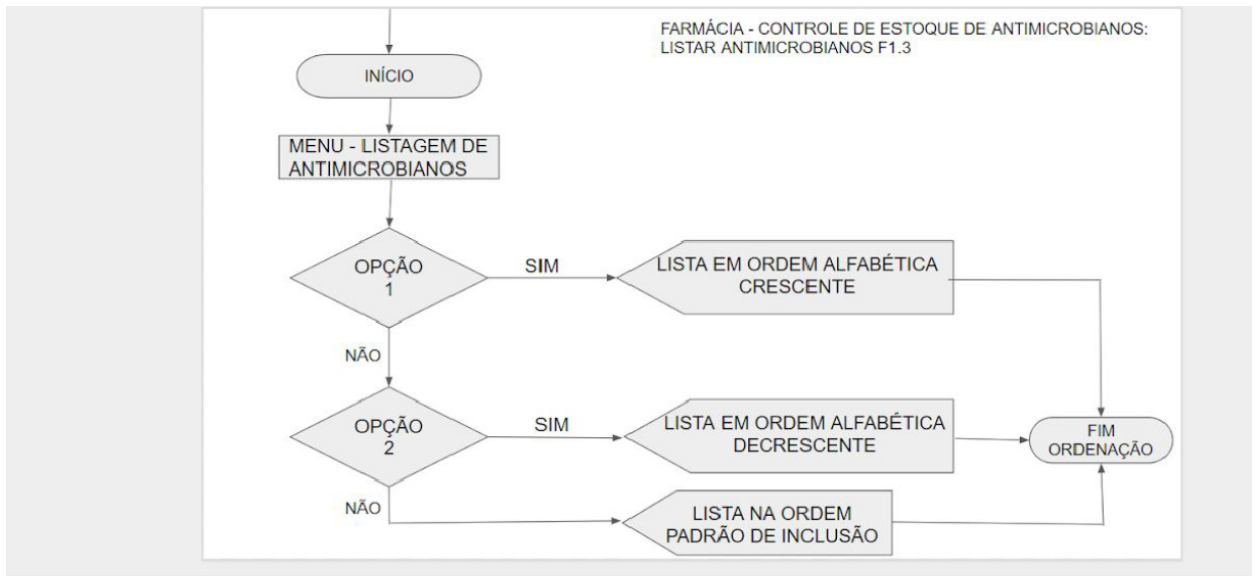
*Não obrigatório

Dados Coincidentes: no caso de haver um antimicrobiano igual já cadastrado.

Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.

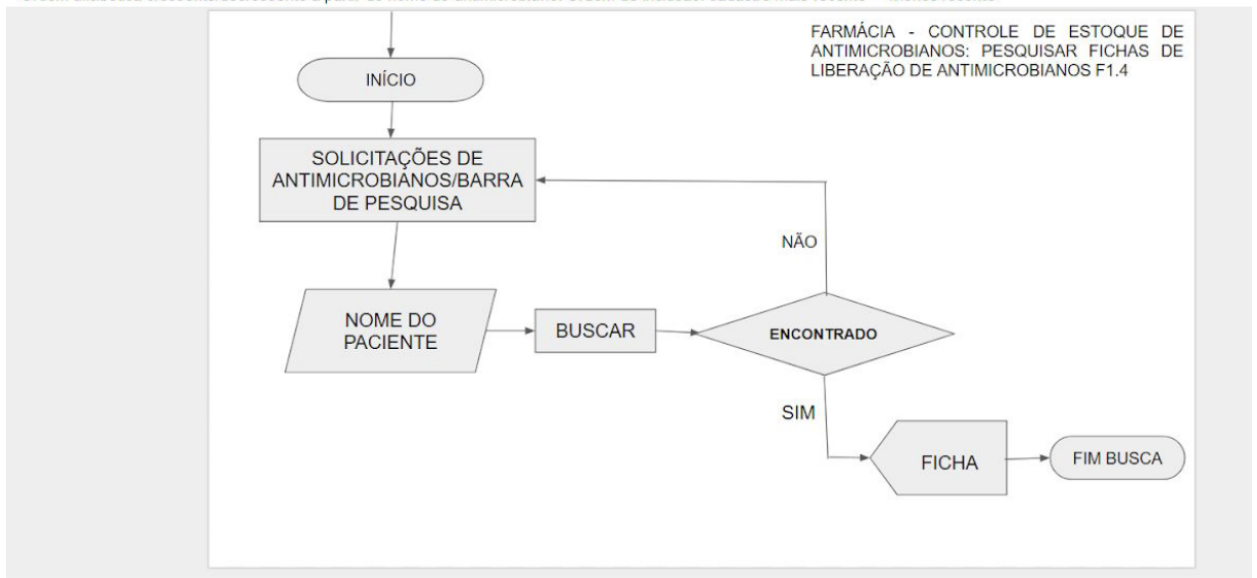


Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.
MENU: LISTAGEM DE ANTIMICROBIANOS CADASTRADOS.

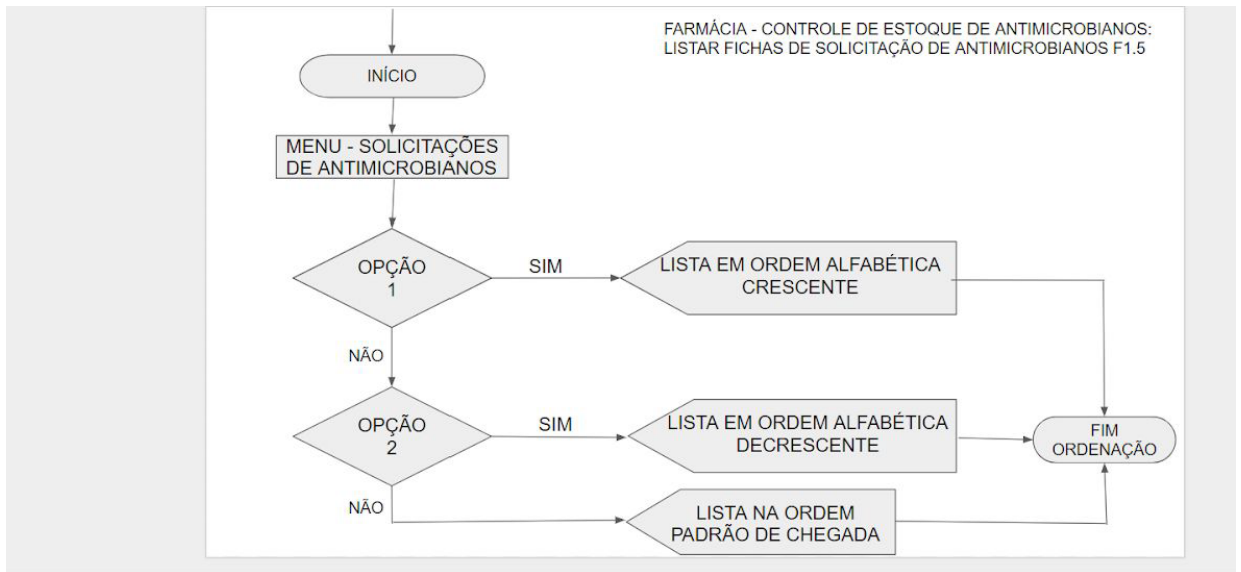


Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.

*Ordem alfabética crescente/decrescente a partir do nome do antimicrobiano. Ordem de inclusão: cadastro mais recente -> menos recente

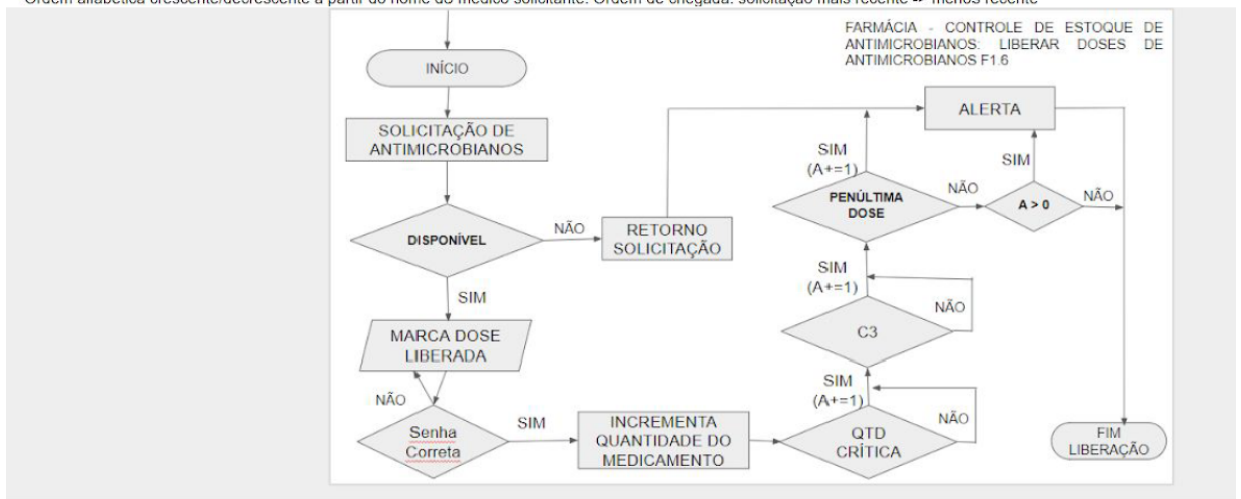


Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.



Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.

*Ordem alfabética crescente/decrescente a partir do nome do médico solicitante. Ordem de chegada: solicitação mais recente -> menos recente



Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.

Se antimicrobiano solicitado não estiver disponível, retorna a ficha de solicitação para o médico solicitante com o alerta de medicamento indisponível.

Alerta 'ANTIMICROBIANO X INDISPONÍVEL' surge para farmácia e para o médico solicitante.

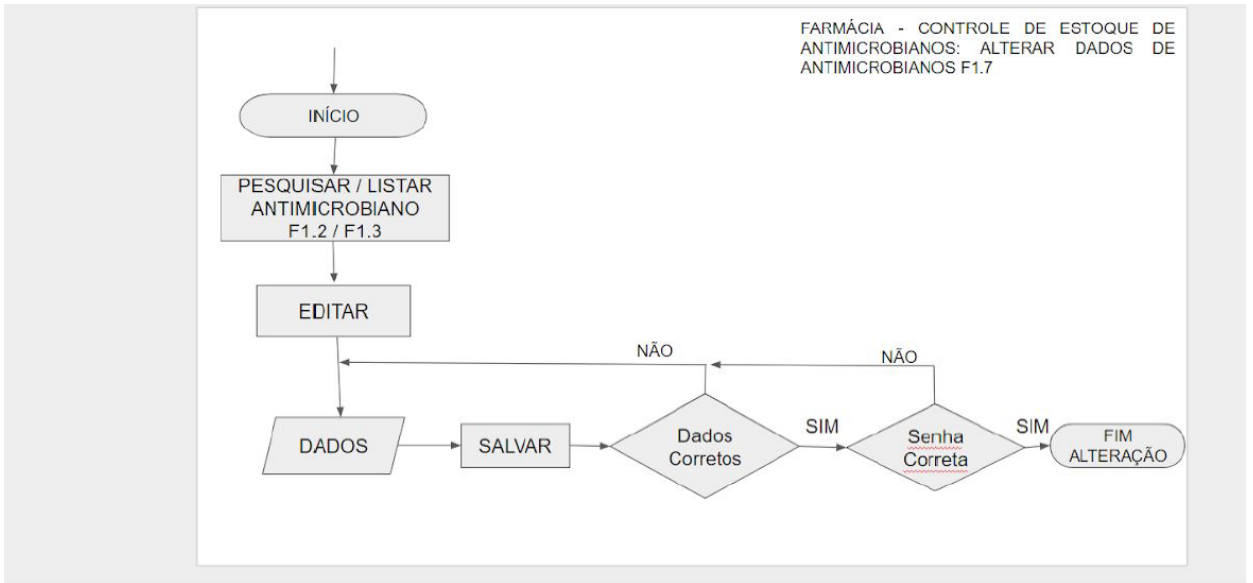
Alerta 'ANTIMICROBIANO X EM QUANTIDADE CRÍTICA (UNIDADES DO MEDICAMENTO)' surge para farmácia.

Alerta 'PACIENTE X EM TRATAMENTO FORA DO LIMITE PADRÃO DE TEMPO' surge para a Infectologista.

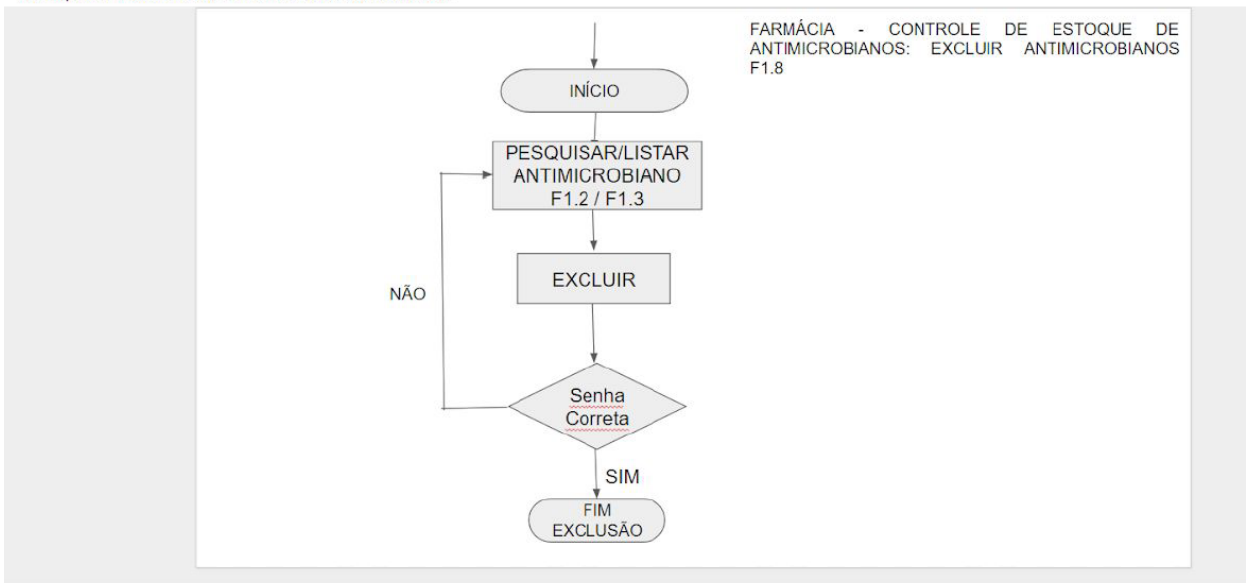
*C3: CONDIÇÃO 3 DA FUNÇÃO F2.2

Alerta simples 'PACIENTE X EM FIM DE TRATAMENTO' é gerado para o médico quando a penúltima dose for liberada

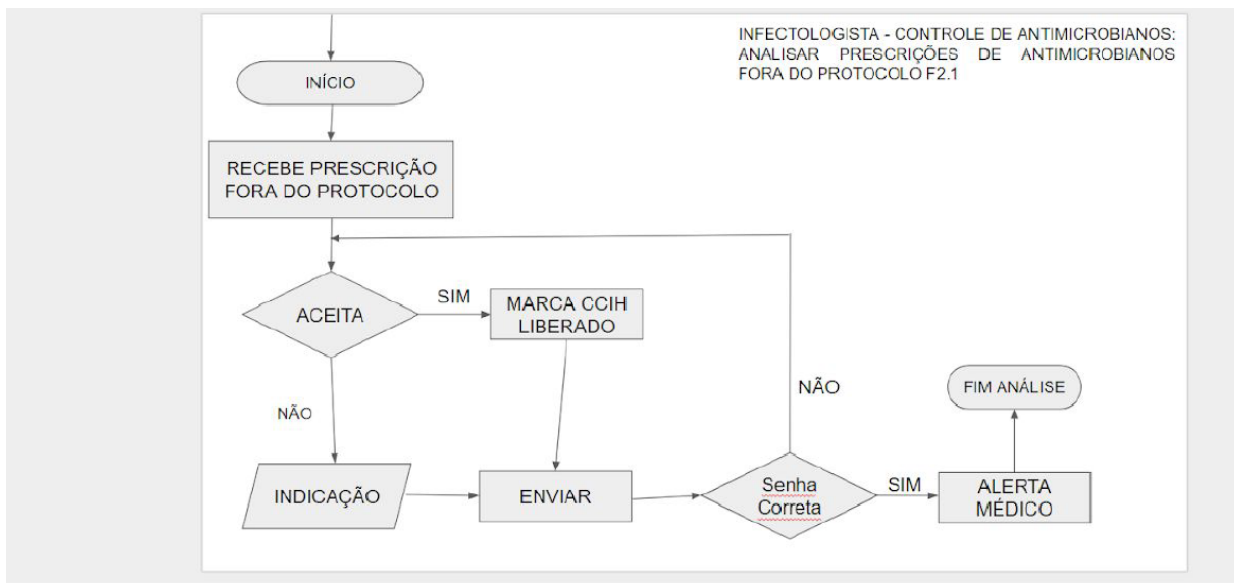
Os alertas são cumulativos a cada condição verdadeira.



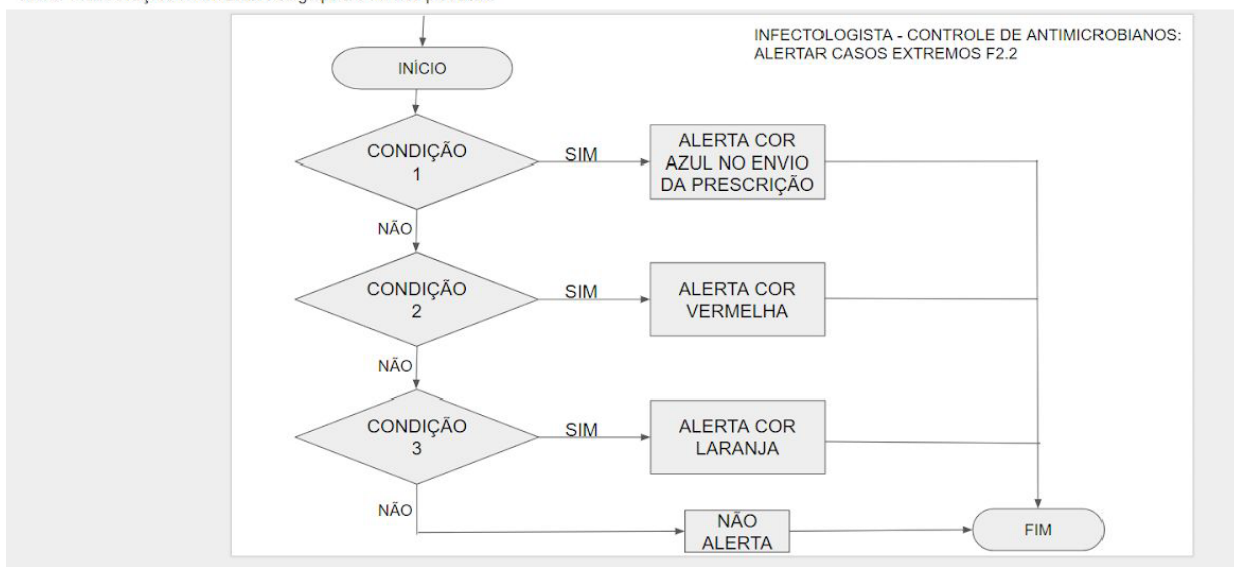
Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.



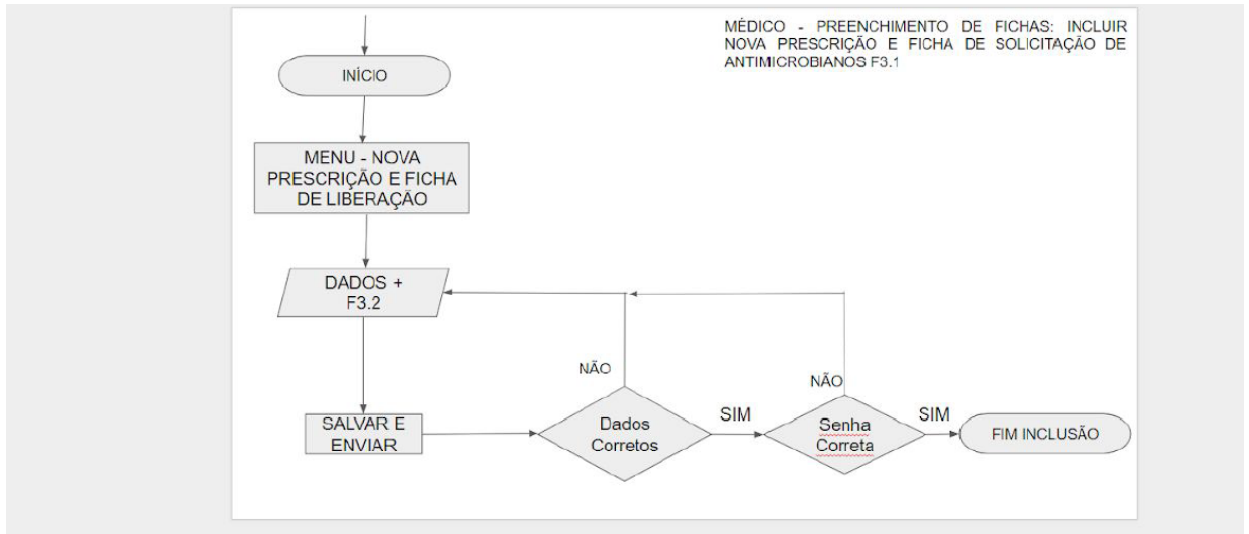
Pré-requisito: funcionário da farmácia autenticado no sistema.



Pré-requisito: Infectologista autenticado no sistema.
Alerta 'PRESCRIÇÃO X AVALIADA' surge para o médico prescritor.

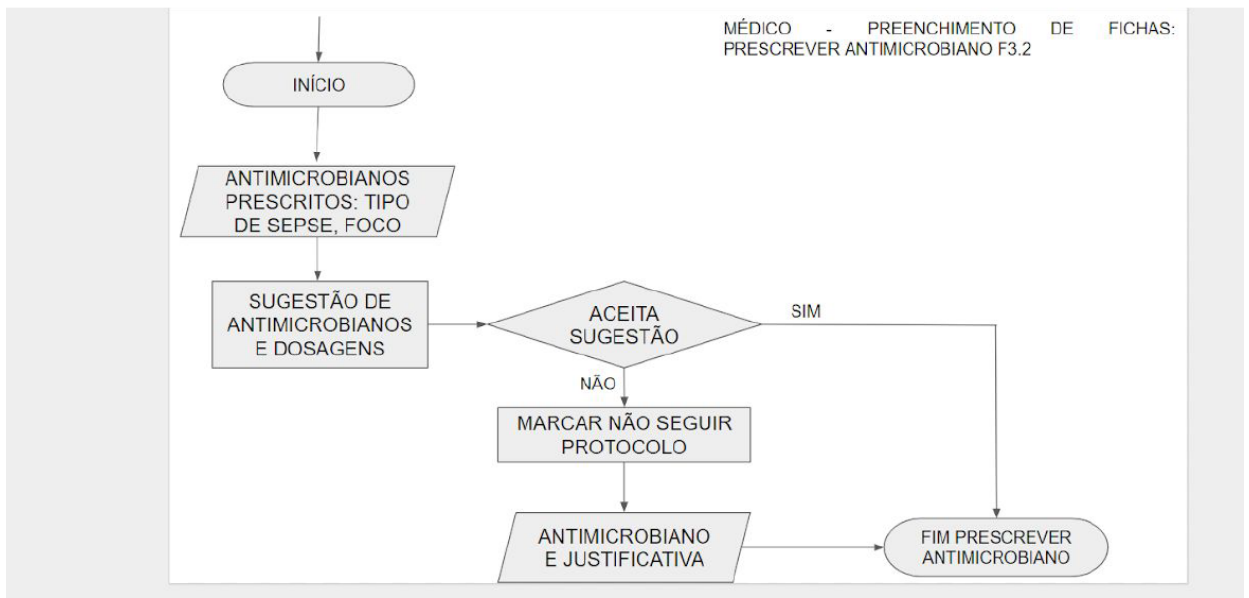


Condição 1: Caso o médico precise descumprir o protocolo, a infectologista será alertada para liberar o antimicrobiano no sistema caso concorde com a justificativa da prescrição. Caso não, a especialista dará uma auditoria em tempo real para o médico prescritor sugerindo outra opção terapêutica.
Condição 2: Identificação de bactéria multiresistente (diretamente ligado ao resultados dos exames informados pelos laboratórios)
Condição 3: paciente sem osteomielite crônica/endocardite/abscessos e estiver tomando antibiótico há mais de 14 dias

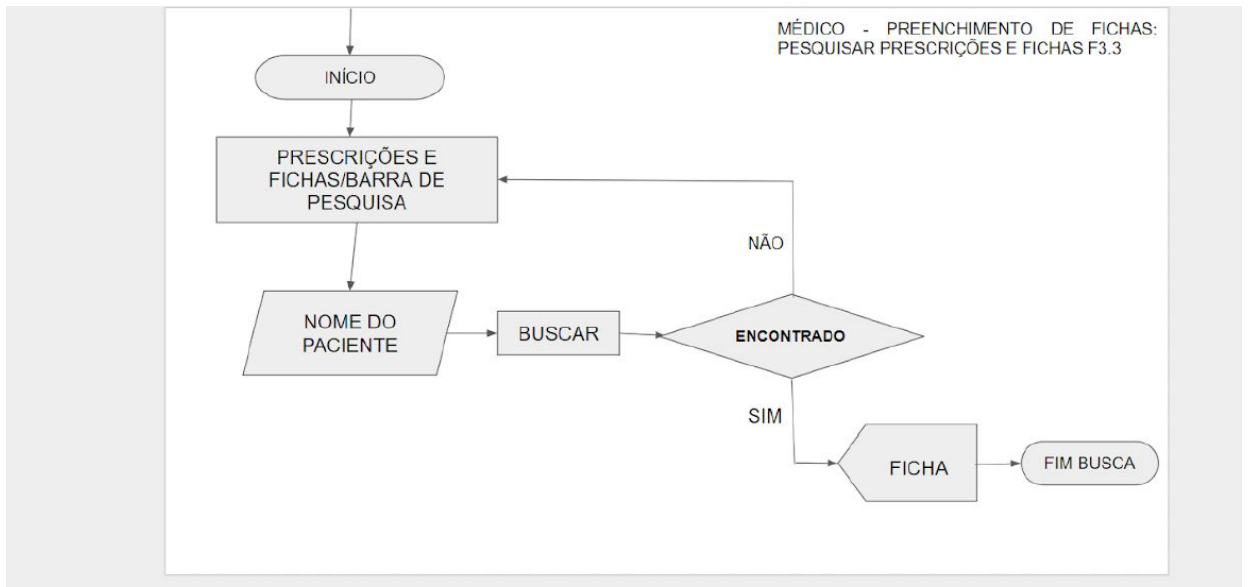


Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

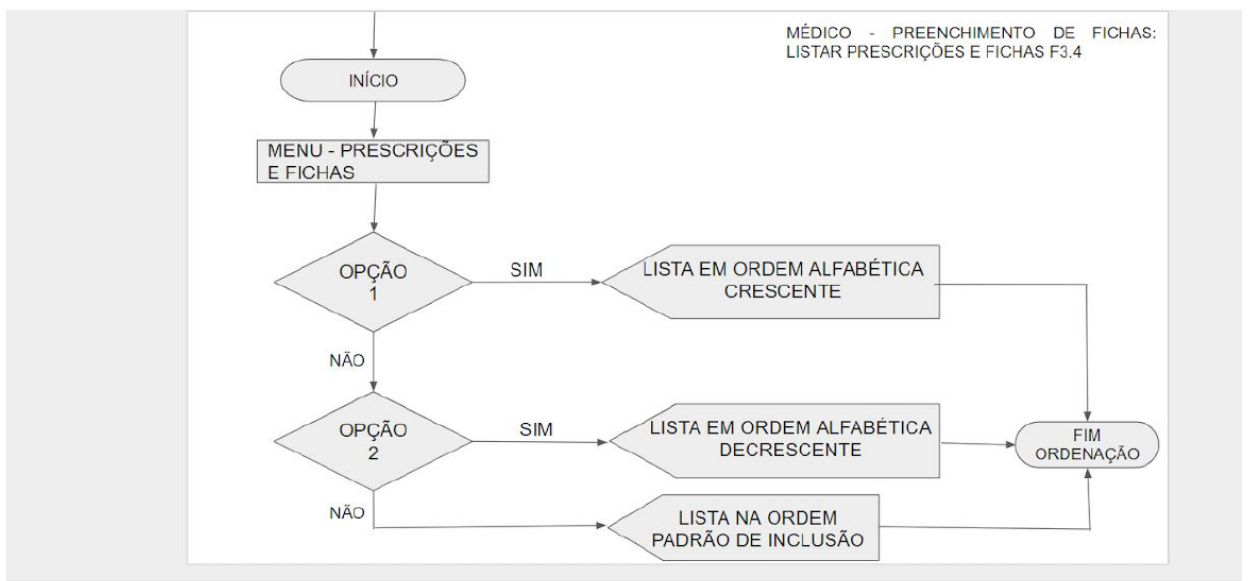
DADOS: Data de Internação no Hospital, Peso, Creatinina Atual, Setor, Leito, Clínica, Diagnóstico de Admissão, Procedimentos Invasivos (Cateter central, Sonda Vesical de Demora, Sonda de Alívio, Intubação/UM, Drenos, Venoclise Periférica, Outros, Antimicrobianos Prescritos, Pós-operatório, Diagnóstico infeccioso, Pós-Operatório, Cirurgia, Material, Micro-organismo, Justificativa



Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

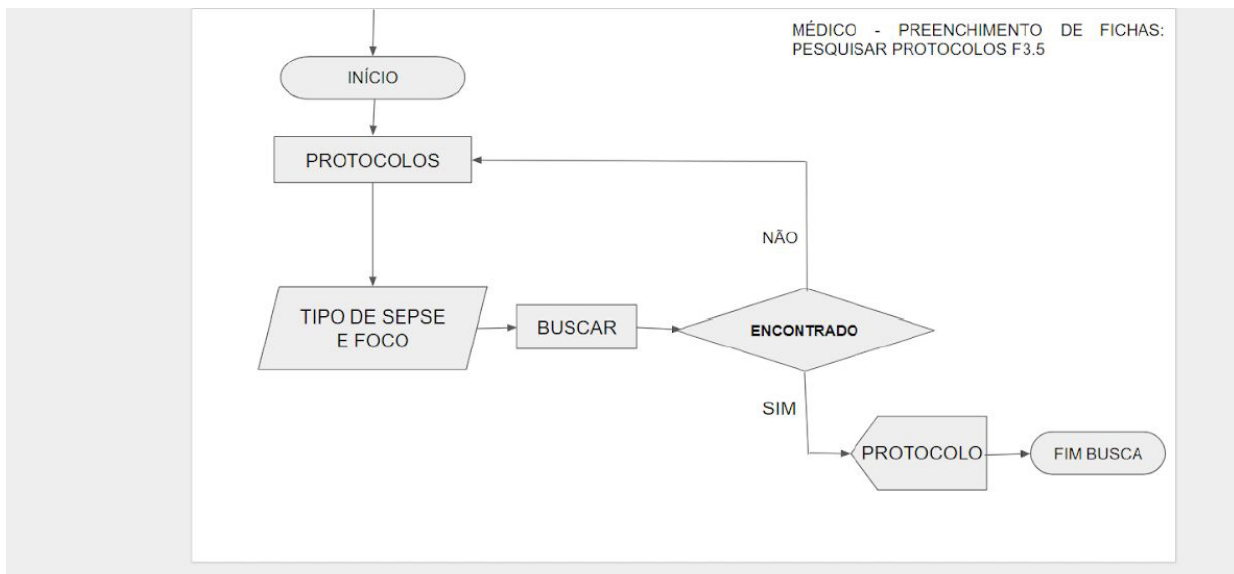


Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

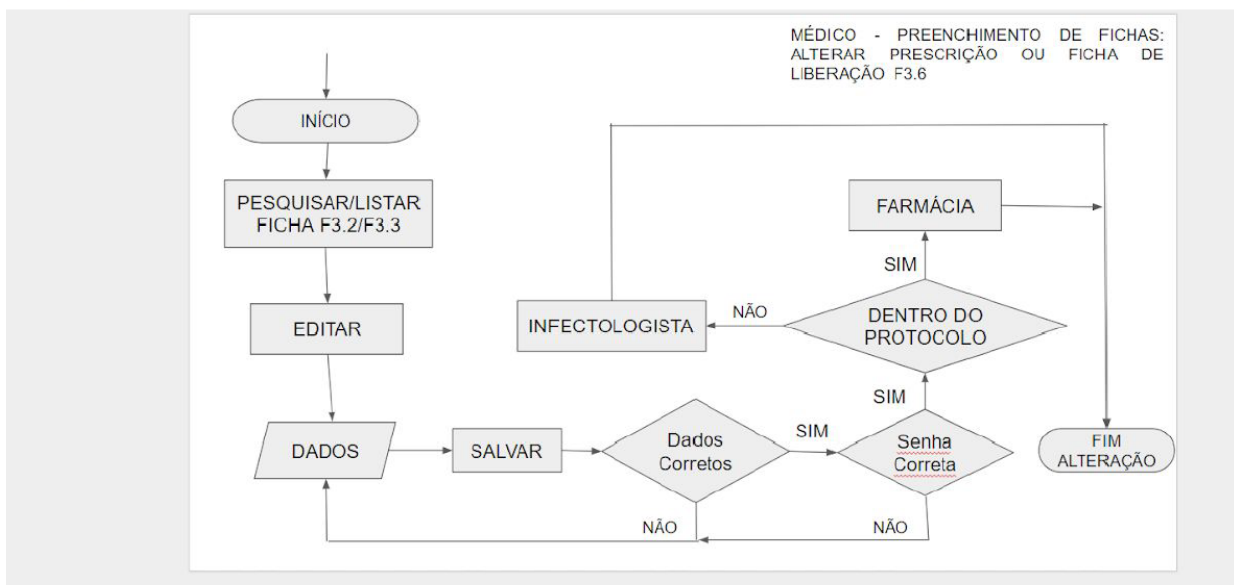


Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

*Ordem alfabética crescente/decrescente a partir do nome do paciente. Ordem de inclusão: ficha mais recente -> menos recente

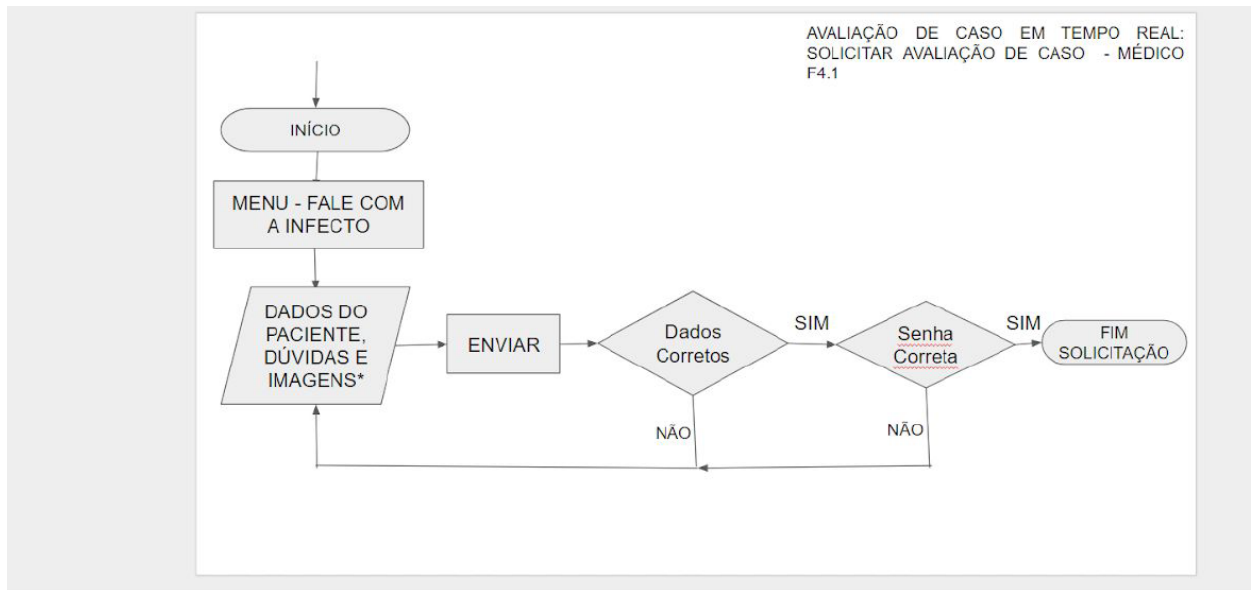


Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

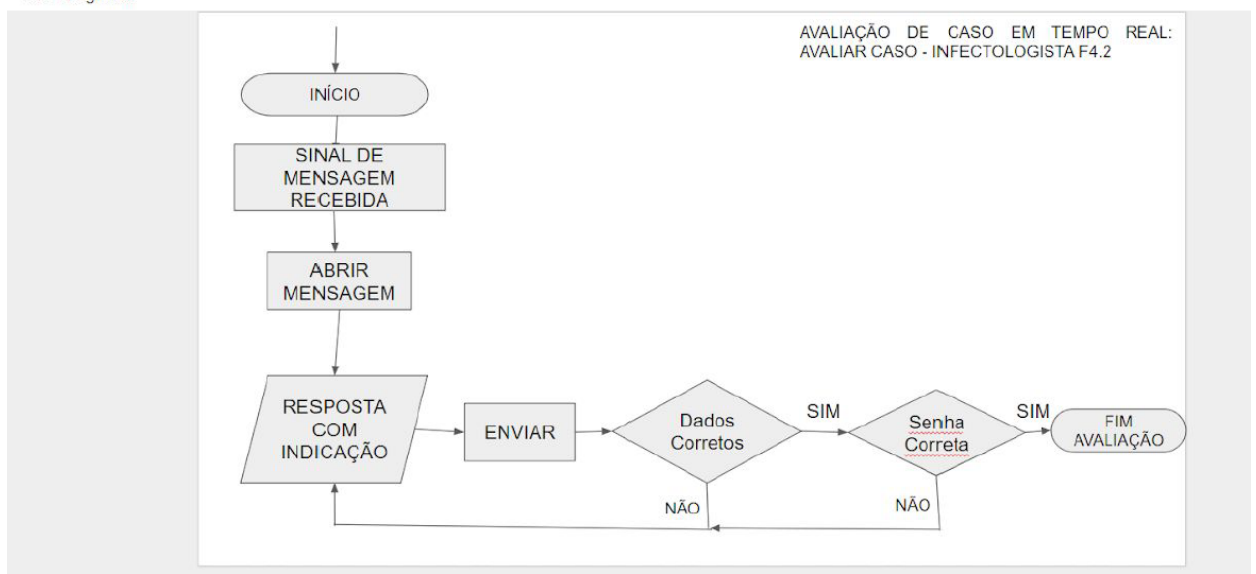


Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.

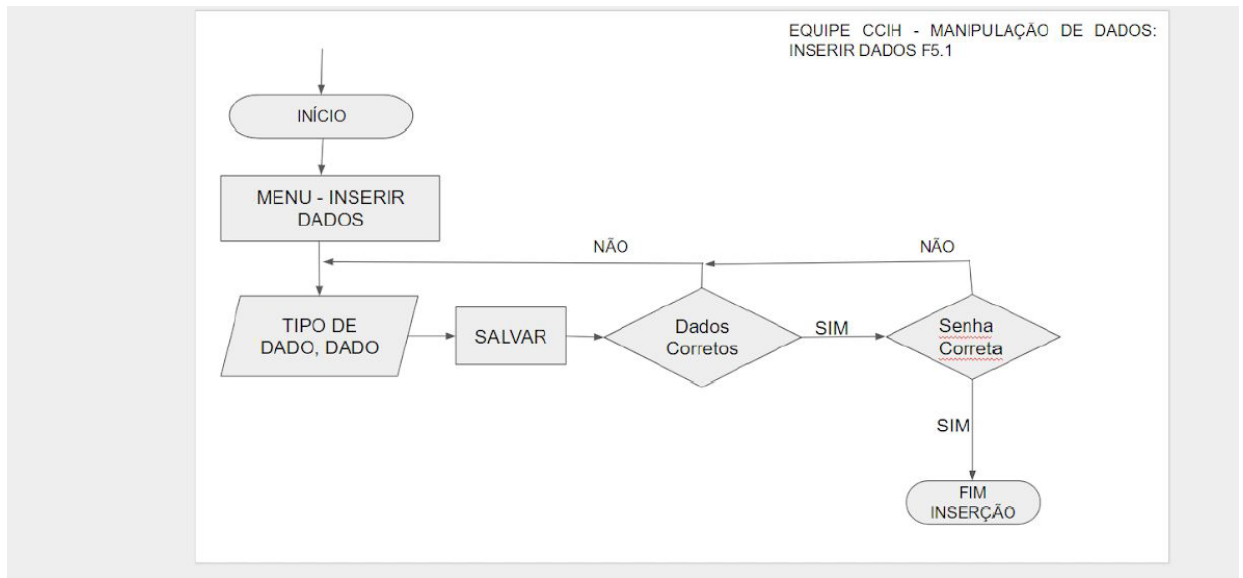
Se a alteração tiver dentro do protocolo, segue direto para farmácia substituindo a antiga, caso contrário, segue para a avaliação da infectologista.



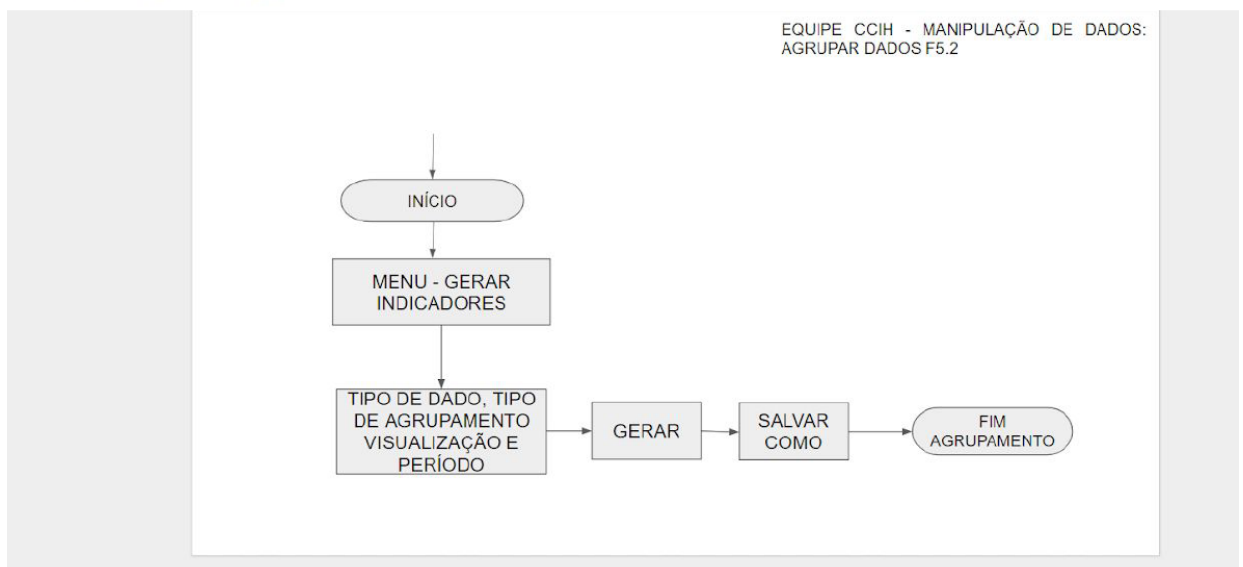
Pré-requisito: Médico autenticado no sistema.
*Não obrigatório



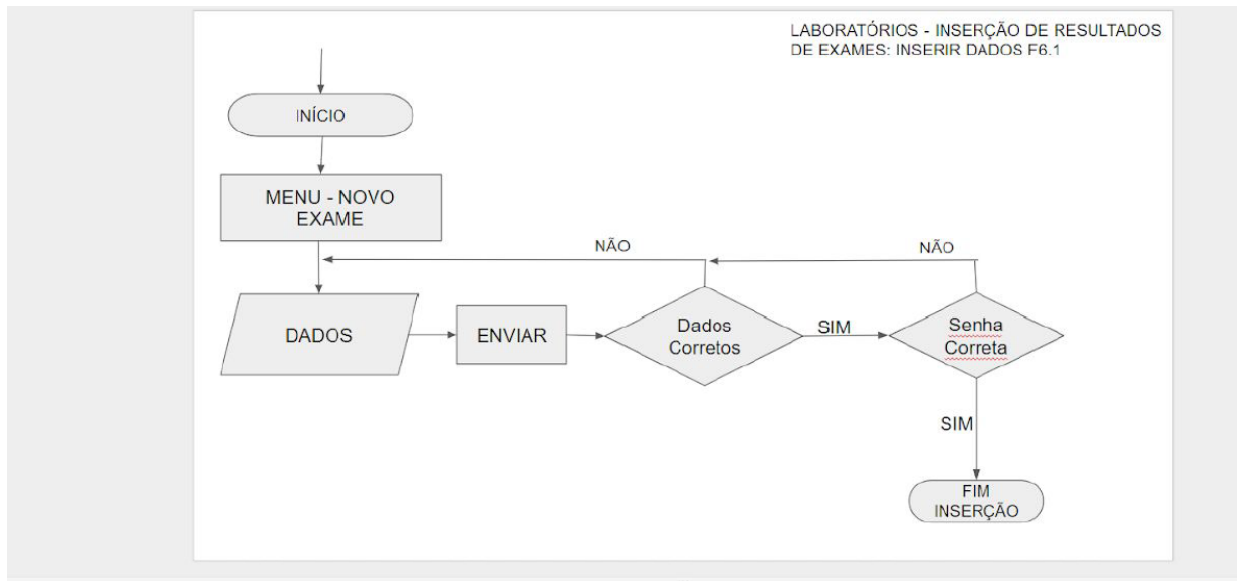
Pré-requisito: Infectologista autenticado no sistema.



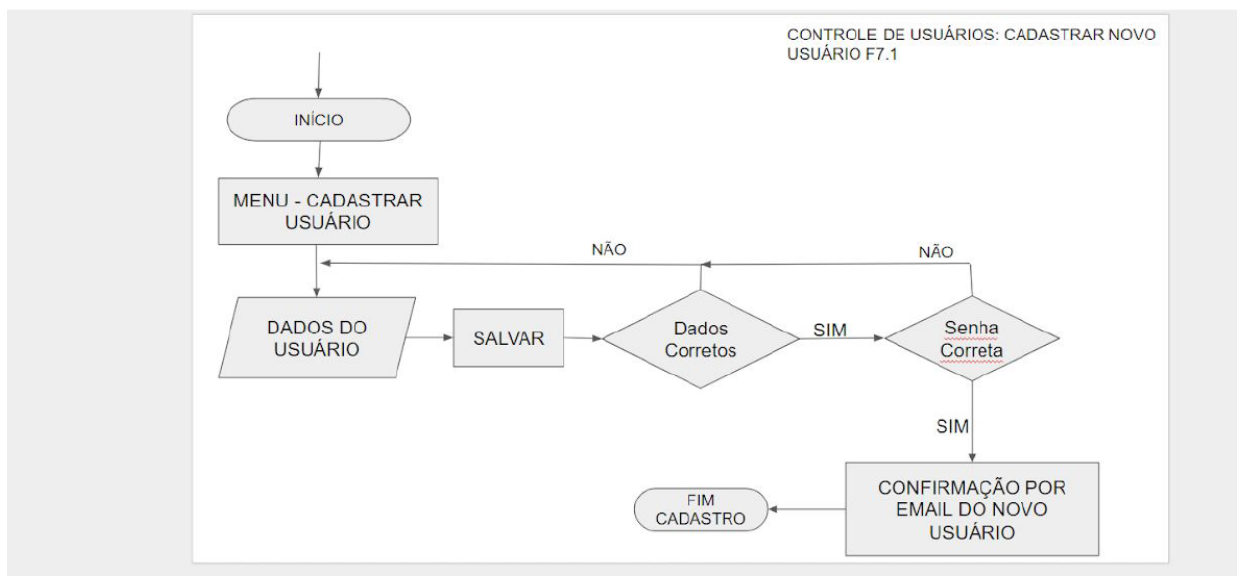
Pré-requisito: Componente da Equipe CCIH autenticado no sistema.



Pré-requisito: Componente da Equipe CCIH autenticado no sistema.



Pré-requisito: Laboratório autenticado no sistema.



Pré-requisito: Funcionário autenticado no sistema.

APÊNDICE 2 – Mapa Mental

ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Registro de Programa de Computador



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512019001868-0**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expedir o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 22/07/2019, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: SISTEMA DE CONTROLE ANTIMICROBIANO - SCAN

Data de publicação: 22/07/2019

Data de criação: 22/07/2019

Titular(es): UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA

Autor(es): MISAEL ELIAS DE MORAIS; ESTÊVÃO ARRUDA BORBA S. GUIMARÃES; PRISCILLA KAREN DE OLIVEIRA SÁ; MAYARA VICTÓRIA MEDEIROS PEREIRA

Linguagem: DELPHI

Campo de aplicação: BL-04; SD-01; SD-03; SD-05; TC-03

Tipo de programa: AP-01; GI-01; GI-02; GI-03; GI-04; GI-06; GI-07; GI-08; PD-02; PD-03; SO-04; SO-07; SO-08; SO-09; TI-03

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:
ACC3BD62858369EF72D76EE63CB50FF3D29485EBE073209F28EB1D7016984378C78E8C6C9947F37B7F788A538
B6200391F7EF2A8A7810E3FA7FC56BDD38C0838

Expedido em: 03/09/2019

Aprovado por:
Helmar Alvares
Chefe da DIPTO - Portaria/INPI/DIRPA Nº 09, de 01 de julho de 2019

ANEXO 2 – Instruções aos autores



Publication information and editorial policies

CLINICS is an electronic journal that publishes peer-reviewed articles in continuous flow, of interest to clinicians and researchers in the medical sciences. Registered with PubMed Central (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/795/>) and SciELO (<http://www.scielo.br/clinics>), CLINICS complies with the policies of funding agencies which request or require deposition of the published articles that they fund into publicly available databases. CLINICS supports the position of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) on trial registration. Please visit <http://www.icmje.org/> for further details and <http://www.who.int/ictrp/network/en/> for the WHO's list of approved registries.

Gold Open Access Journal: Articles become freely accessible as soon as they are published.

Plagiarism and Duplication: All articles are checked through Similarity Check/iThenticate (<http://www.ithenticate.com>) to ensure originality.

Please make sure to submit your manuscript in the exact format that is described below. Failure to do so will cause the submission to be returned to you during the preliminary examination by the Editorial Office.

- Manuscripts involving human subjects or the use of laboratory animals must clearly state adherence to appropriate guidelines and approval of protocols by their institutional review boards. Photographs that may identify patients or other human participants of studies shall be acceptable only when a legally valid consent form is signed by the participating patient, other human participant, or his/her legally constituted representative.
- Authors are strongly advised to use abbreviations sparingly whenever possible to avoid jargon and improve the readability of the manuscript. All abbreviations must be defined the first time that they are used. Only terms or expressions that are used at least 5 times throughout the text should be abbreviated. Never use abbreviations that spell common English words, such as FUN, PIN, SCORE, and SUN.

Manuscript Categories

ORIGINAL ARTICLES: Complete original studies should be submitted in this category. Original studies must conform to the following format:

- **Title:** Up to 250 characters
- **Running title:** Up to 40 characters

- **Authors' full names followed by their ORCID and contributions to the article:** Authors should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content. Such participation must be declared in this section of the manuscript.
 - **Any financial or other relationships that may lead to a conflict of interest.**
-
- **Abstract:** Abstracts are limited to 250 words and structured into objectives, method, results,
 - and conclusions. Authors are strongly encouraged not to display numerical statistical
 - information but to merely state what is significantly different (or not) between the described parameters. **Please make sure to always include your Abstract in the main document file.**
 - **Keywords:** For keywords, 3-6 items from the Medical Subject Headings (MeSh) should be used.
 - **Introduction:** The introduction should set the purpose of the study, provide a brief summary (not a review) of previous relevant studies, and state the new advances in the current investigation. The introduction should not include data or conclusions from the work being reported. A final sentence summarizing the novel finding to be presented is permissible.
 - **Materials and Methods:** This section should briefly give clear and sufficient information to permit the study to be repeated by others. Standard techniques only need to be referenced. Previously published methods may be briefly described following the reference.
 - **Ethics:** When reporting experiments on human subjects, indicate whether the procedures were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional or regional) and with the Helsinki Declaration. When reporting experiments on animals, indicate whether the institution's guide, a national research council's guide, or any national law on the care and use of laboratory animals was followed.
 - **Results:** The results section should be a concise account of the new information that was discovered, with the least personal judgment. Do not repeat in text all the data in the tables and illustrations but briefly describe what these data comprise.
 - **Discussion:** The discussion should include the significance of the new information and relevance of the new findings in light of existing knowledge. Only unavoidable citations should be included. Citation to review articles are not encouraged in this section.
 - **Conclusions**
 - **Acknowledgments:** This section should be short, concise, and restricted to acknowledgments that are necessary.
 - **References in text:** CLINICS adopts the Vancouver format. Cite references in the text using Arabic numerals in the order of appearance, within parentheses, (1) after the previous word, with spacing as in this example: "Diabetes (2),

hypertension (3,4) and alcoholism (5-9) are complex medical problems (10).” Under exceptional circumstances, authors’ names may appear in text: Single author: “Einstein (11) proposed a new theory ...”, Two authors: “Watson and Crick (12) reported on the structure of ...”, or Three or more authors: “Smith et al. (13) described ...”

- **Reference List:** Only citations that appear in the text should be referenced. References must be restricted to directly relevant published works, papers, or abstracts. Unpublished papers, unless accepted for publication, should not be cited. Work that is accepted for publication should be referred to as “in press” and a letter of acceptance of the journal must be provided. Authors are responsible for the accuracy and completeness of their references and for correct text citation. Usually the total number of references should not exceed 35. For up to 6 authors, list all authors. For more than 6 authors, list first 6 authors followed by “et al.”.
- **Tables and Figures: Figures** – Photographs, illustrations, charts, drawings, line graphs, etc. are all defined as figures. Number figures consecutively using Arabic numerals in order of appearance. Figure legend(s) should be descriptive and should allow examination of the figure without reference to text. Images must be of professional quality and uploaded as *.tiff files. Generally, figures will be reduced to fit one column of text. The actual magnification of all photomicrographs should be provided, preferably by placing a scale bar on the print. Line graphs and charts should never be sent as *.jpeg illustrations. We recommend preparing line graphs and charts as Excel® files and copying these files into a Word *.doc sheet.

