

# Infecção relacionada à assistência à saúde:

Subsídios para a assistência segura

---

## Organizadores:

- Charlise FortunatoPedroso •Fernanda Keley Silva Pereira Navarro
- Geraldo Andrade de Oliveira •Hellen da Silva Cintra de Paula
- Karla de Aleluia Batista •Mariana Magalhães Nóbrega
- Paula Regina de Souza Hermann •Raquel Silva Pinheiro •Thais Augusto Marinho



# Infecção relacionada à assistência à saúde:

Subsídios para a assistência segura

---

## Organizadores:

- Charlise FortunatoPedroso •Fernanda Keley Silva Pereira Navarro
- Geraldo Andrade de Oliveira •Hellen da Silva Cintra de Paula
- Karla de Aleluia Batista •Mariana Magalhães Nóbrega
- Paula Regina de Souza Hermann •Raquel Silva Pinheiro •Thais Augusto Marinho



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacão do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

# Infecção relacionada à assistência à saúde: subsídios para assistência segura

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Charlise Fortunato Pedroso  
Fernanda Keley Silva Pereira Navarro  
Geraldo Andrade de Oliveira  
Hellen da Silva Cintra de Paula  
Karla de Aleluia Batista  
Mariana Magalhães Nóbrega  
Paula Regina de Souza Hermann  
Raquel Silva Pinheiro  
Thais Augusto Marinho

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I43 Infecção relacionada à assistência à saúde: subsídios para assistência segura / Organizadores Charlise Fortunato Pedroso, Fernanda Keley Silva Pereira Navarro, Geraldo Andrade de Oliveira, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outras organizadoras  
Hellen da Silva Cintra de Paula  
Karla de Aleluia Batista  
Mariana Magalhães Nóbrega  
Paula Regina de Souza Hermann  
Raquel Silva Pinheiro  
Thais Augusto Marinho

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-609-3  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.093211810>

1. Infecções. 2. Saúde. 3. Controle. I. Pedroso, Charlise Fortunato (Organizadora). II. Navarro, Fernanda Keley Silva Pereira (Organizadora). III. Oliveira, Geraldo Andrade de (Organizador). IV. Título.

CDD 616.9

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## AGRADECIMENTOS

O projeto de pesquisa “Estudo epidemiológico de efetividade do monitoramento e controle de Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde (IRAS), pelo uso de uma ferramenta digital implantada no âmbito das Comissões de Controle de Infecções Hospitalares”, nasceu do compromisso que a Secretaria de Atenção Especializada à Saúde por meio do Departamento de Atenção Hospitalar Domiciliar e de Urgência (DAHU) tem com o aprimoramento do Sistema Único de Saúde.

A produção desta obra, de suma importância para as instituições e profissionais de saúde, só foi possível devido a brilhante contribuição de todos os autores, que aceitaram prontamente o desafio de escrever seus capítulos com excelência.

Uma das missões das Instituições educacionais públicas é interagir com toda a sociedade e por isso agradecemos aos pesquisadores e coordenadores do projeto, onde aqui temos uma obra que nasceu da interação das atividades de pesquisa sob a Coordenação do Professor Geraldo de Andrade Oliveira, com uma das ações centrais do Ministério da Saúde que é o fortalecimento do Sistema Único de Saúde.

Agradecemos aos colaboradores em todos os hospitais que o nosso projeto foi implantado pela dedicação profissional, incansável e heroica. Vocês merecem nosso reconhecimento e aplausos. Deixo ainda minha solidariedade com as perdas que sofreram de colegas e familiares no enfrentamento da COVID-19.

Parabenizo aos autores por compartilharem seus conhecimentos e por oferecerem aos leitores a oportunidade de aprofundarem os estudos na prevenção e controle das IRAS para que diariamente atuando no sistema de saúde, possam colocar em prática ações grandiosas e transformadoras.

Que esse livro possa inspirar novos caminhos.

Adriana Melo Teixeira

Diretora do Departamento de Atenção Hospitalar Domiciliar e de Urgência (DAHU)



## APRESENTAÇÃO

A presente obra “Infecção Relacionada à Assistência à Saúde: subsídios para assistência segura” é um produto do Projeto de Pesquisa “Estudo epidemiológico de efetividade do monitoramento e controle de Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde (IRAS), pelo uso de uma ferramenta digital implantada no âmbito das Comissões de Controle de Infecções Hospitalares”, coordenado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) e financiado pelo Ministério da Saúde (MS). Assim, pesquisadores internos ao IFG, além de convidados externos e servidores do MS, assinam a autoria desse livro, cujo objetivo é atualizar as discussões científicas e diretrizes sobre as IRAS em diferentes contextos e ambientes de saúde, visando uma assistência segura e de qualidade.

O risco de transmissão de IRAS é universal e permeia todas as instalações, ambientes e sistemas de saúde em todo o mundo. Nem todas as infecções são evitáveis, no entanto, é possível e de fato obrigatório evitá-las, o que resultará na redução da morbimortalidade e custos adicionais em saúde.

A prevenção e o controle de IRAS são prioridades para a segurança dos pacientes e deve envolver os profissionais em todos os cenários de assistência à saúde, não se restringindo apenas ao hospital. Há de considerar que no contexto assistencial, os aspectos relacionados aos profissionais de saúde, a organização institucional, político e cultural podem influenciar a implementação de práticas e a vigilância das infecções.

Nesse sentido esta obra apresenta os aspectos essenciais para prevenção e controle das IRAS pautados na literatura científica, visando seu emprego no processo de formação de estudantes e profissionais de saúde. Sendo assim, este livro contribuirá para a discussão e implementação de ações de prevenção e controle de IRAS nos diferentes cenários de assistência à saúde. Na perspectiva de subsidiar o leitor no entendimento da IRAS, o livro aborda em 23 capítulos: vigilância e monitoramento das IRAS, segurança do paciente, resistência microbiana, ambientes especializados de assistência à saúde, desafios da pandemia COVID-19, impacto econômico das IRAS, tecnologias para a tomada de decisão e gestão das IRAS.

Desejamos a todos uma ótima leitura!


As organizadoras.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **VIGILÂNCIA E NOTIFICAÇÃO DE INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA EM SAÚDE**


Claudia Neto Gonçalves Neves da Silva  
Edmila Lucas de Lima  
Francilisi Brito Guimarães Valente  
Sandra Pereira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118101>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

#### **RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA E INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE**


Giovana Alice Sampaio Soares  
Amanda Ferreira Paes Landim Ramos  
Lilian Carla Carneiro  
Mônica Santiago Barbosa  
Silvana Barbosa Santiago

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118102>

### **CAPÍTULO 3..... 21**

#### **CONTROLE DAS IRAS E A IMPORTÂNCIA DA INTERDISCIPLINARIDADE PARA ALCANÇAR MELHORES DESFECHOS**


Carla de Almeida Silva  
Camilla Botêga Aguiar Kogawa  
Cibele Almeida Prazer  
Gabryella Teixeira dos Santos  
Louise Amália de Moura

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118103>

### **CAPÍTULO 4..... 30**

#### **O PAPEL DA HIGIENIZAÇÃO DAS MÃOS NA PREVENÇÃO DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE**


Paula Regina de Souza Hermann  
Raquel Silva Pinheiro  
Lyriane Apolinário de Araújo  
Charlise Fortunato Pedroso  
Ingrid Aline de Jesus Gonçalves  
Thays Angélica de Pinho Santos  
Rafael Alves Guimarães  
Ana Carolina Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118104>

**CAPÍTULO 5..... 46**

**AÇÕES DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE INFECÇÕES E EVENTOS ADVERSOS EM UNIDADES DE ATENDIMENTO DOMICILIAR**


Ana Claudia Nascimento de Sousa  
Cíntia Carolina Vinhal Pereira  
Laidilce Teles Zatta  
Thays Angélica de Pinho Santos  
Vanessa da Silva Carvalho Vila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118105>

**CAPÍTULO 6..... 56**

**CIRURGIA SEGURA E PREVENÇÃO DE INFECÇÃO DE SÍTIO CIRÚRGICO**

Regiane Aparecida dos Santos Soares Barreto  
Sergiane Bisinoto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118106>

**CAPÍTULO 7..... 66**

**CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE E ÀS UNIDADES DE TERAPIA RENAL SUBSTITUTIVA – MODALIDADE HEMODIÁLISE**


Nara Rubia de Freitas  
Jerusa Marielle Nunes Seabra de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118107>

**CAPÍTULO 8..... 77**

**CONTROLE DE INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE E AS UNIDADES DE TRATAMENTO ONCOLÓGICO, ONCO-HEMATOLOGIA E TRANSPLANTE DE MEDULA ÓSSEA**


Adriano de Moraes Arantes  
Larissa Sousa Diniz  
Jade Alves de Souza Pacheco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118108>

**CAPÍTULO 9..... 91**

**CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE NAS UNIDADES DE LONGA PERMANÊNCIA**

Mônica Ribeiro Costa  
Lívia Evangelista da Rocha Aguiar


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0932118109>

**CAPÍTULO 10..... 106**

**SEGURANÇA DO PACIENTE E O CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE**

Ana Elisa Bauer de Camargo Silva  
Ana Lúcia Queiroz Bezerra


Thatianny Tanferri de Brito Paranaguá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181010>

**CAPÍTULO 11..... 121**

CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE E OS DESAFIOS IMPOSTOS PELA PANDEMIA DE COVID-19

Adriana Oliveira Guilarde


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181011>

**CAPÍTULO 12..... 130**

BOAS PRÁTICAS EM VACINAÇÃO COM ÊNFASE NO CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE

Tháís Marinho


Leandro Nascimento da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181012>

**CAPÍTULO 13..... 147**

DESAFIOS DAS COMISSÕES DE CONTROLE DE INFECÇÃO RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE NOS HOSPITAIS BRASILEIROS

Tatiane Barbosa Mendes de Freitas Lemes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181013>

**CAPÍTULO 14..... 156**

PROCESSAMENTO DE PRODUTOS PARA SAÚDE: UM PRINCÍPIO DAS PRECAUÇÕES PADRÃO PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE

Anaclara Ferreira Veiga Tipple


Dulcelene de Sousa Melo

Heliny Carneiro Cunha Neves

Cristiana da Costa Luciano

Júnnia Pires de Amorim Trindade

Simone Vieira Toledo Guadagnin


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181014>

**CAPÍTULO 15..... 175**

PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE E A INTERFACE COM A PESQUISA CIENTÍFICA

Katiane Martins Mendonça

Luana Cássia Miranda Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181015>

**CAPÍTULO 16..... 185**

MECANISMOS GENÉTICOS E EPIGENÉTICOS DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA

Cassio Nazareno Silva da Silva


Wendell Jacinto Pereira  
Silvana Barbosa Santiago  
Karla de Aleluia Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181016>

**CAPÍTULO 17.....202**

**BIOFILMES NA PERSPECTIVA DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE**


Paula Regina de Souza Hermann  
Anaclara Ferreira Veiga Tipple  
Dayane de Melo Costa  
Evandro Watanabe  
Lillian Kelly de Oliveira Lopes  
Thalita Soares Camargos  
Viviane de Cássia Oliveira  
Mariana Magalhães Nóbrega

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181017>

**CAPÍTULO 18.....214**

**IMPLEMENTAÇÃO DE *BUNDLE* DE PREVENÇÃO DE INFECÇÃO PRIMÁRIA DE CATETER VENOSO CENTRAL POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES**


Ingrid Aline de Jesus Gonçalves  
Walterlania Silva Santos  
Patricia Moreira de Araújo Lisboa  
Marcelo Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181018>

**CAPÍTULO 19.....225**

**CONTROLE DAS INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA À SAÚDE E OS IMPACTOS ECONÔMICOS NA SAÚDE**


Alexander Itria  
Renato Mantelli Picoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181019>

**CAPÍTULO 20.....233**

**TECNOLOGIAS EM SAÚDE NO MONITORAMENTO DE INFECÇÕES RELACIONADAS À ASSISTÊNCIA EM SAÚDE EM HOSPITAIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**


Hélio de Souza Júnior  
Mariana Magalhães Nóbrega  
Emily Nayana Nasmar de Melo  
Jeane Kelly Silva de Carvalho  
Zilka dos Santos de Freitas Ribeiro  
Fernanda Keley Silva Pereira Navarro  
Ione Silva Barros  
Paula Regina de Souza Hermann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181020>

**CAPÍTULO 21.....247**

INCENTIVANDO OS HOSPITAIS PARA O CONTROLE DAS IRAS: UMA ABORDAGEM POR INTERMÉDIO DE SISTEMAS DINÂMICOS


Fernando Menezes Campello de Souza  
Guilherme Salazar Cerqueira  
Rafael Agostinho  
Olavo de Oliveira Braga Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181021>

**CAPÍTULO 22.....256**

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS LEAN HEALTHCARE APLICADO ÀS IRAS


Fabio Francisco da Silva  
Isabela da Silva Pontes  
Olavo de Oliveira Braga Neto  
Adriana Melo Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181022>

**CAPÍTULO 23.....265**

DECISÕES NO CONTEXTO DAS IRAS

Patrícia Silva Lessa  
Fernando Menezes Campello de Souza  
Guilherme Salazar Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.09321181023>

**SOBRE OS ORGANIZADORES .....276**

## INCENTIVANDO OS HOSPITAIS PARA O CONTROLE DAS IRAS: UMA ABORDAGEM POR INTERMÉDIO DE SISTEMAS DINÂMICOS

Data de aceite: 19/08/2021

### **Fernando Menezes Campello de Souza**

Departamento de Eletrônica e Sistemas,  
Universidade Federal de Pernambuco, Recife,  
PE, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5705490412583513>

### **Guilherme Salazar Cerqueira**

PPGEP-UFPE, Recife, PE, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7796546703972309>

### **Rafael Agostinho**

Coordenador geral de Urgência/DAHU/SAES/  
MS  
<http://lattes.cnpq.br/6850063742450365>

### **Olavo de Oliveira Braga Neto**

Assessor no Departamento de Atenção  
Hospitalar e urgência/SAES/DAHU  
<http://lattes.cnpq.br/3095143482647857>

**RESUMO:** Sugere-se ferramentas para o controle das IRAS baseadas em sistemas dinâmicos, controle ótimo e teoria dos jogos.

### ENCOURAGING HOSPITALS TO CONTROL HAI: AN APPROACH USING DYNAMIC SYSTEMS

**ABSTRACT:** Tools for HAIs control based on dynamical systems, optimal control, and game theory, are suggested.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento frequente da ocorrência e resistência de bactérias a antibióticos no contexto das IRAS (Infecções Relacionadas à Assistência em Saúde), é um importante problema de saúde pública. Apresenta-se aqui, uma classe de modelos matemáticos dinâmicos que englobam incentivos econômicos, e dinâmica de populações em biologia no contexto das IRAS. O tema foi apresentado em Smith et al., (2005), e Drohan et al., (2019), em suas referências.

O objetivo é mostrar como deveria ser o incentivo, por parte do poder público, aos hospitais para ajudá-los no combate às IRAS, e fazer com que se chegue eficazmente no sistema como um todo. Propõe-se aqui, abordar o problema por intermédio de sistemas dinâmicos e, controle ótimo, como sugerido em Smith et al., (2005) e Drohan et al., (2019). O uso do modelo mostra como o investimento ótimo de um hospital, para combate às IRAS, varia em função do número de pacientes já colonizados por bactérias resistentes a antibióticos (BRA). Estuda-se a dinâmica deste comportamento dos hospitais e como ele pode ser otimizado, assim como a política de incentivo.

Mesmo sabendo-se que o uso criterioso de antibióticos (no mínimo três, para o combate ao aparecimento de bactérias resistentes a antibióticos), segundo Tekin et al., (2016), e uma série de outras estratégias estejam sendo, pelo menos tentativamente, implementadas,

o problema ainda está na ordem do dia. É complexo e envolve, necessariamente, uma abordagem multidisciplinar.

## 2 | DESENVOLVIMENTO (O PROBLEMA)

Os portadores de BRA podem ser doentes admitidos, inclusive assintomáticos, como também os profissionais de saúde, podendo ir de um hospital para outro, (havendo a possibilidade, inclusive, de serem re-hospitalizados), o que os torna verdadeiros vetores de transmissão. Tudo isso tem implicações epidêmicas. Ao longo do tempo, a proporção de indivíduos já colonizados no momento da admissão tende a aumentar, tornando mais difícil o controle das IRAS. Esse, por assim dizer, efeito de transbordamento, que conecta (estabelece vasos comunicantes) entre os níveis de infecção e resistência aos antibióticos entre os hospitais, torna complexo tanto o investimento por parte dos gestores de hospitais no combate às IRAS, quanto o estabelecimento por parte do poder público de uma política de incentivos financeiros a esses hospitais. São dois agentes importantes no processo.

### 2.1 Os Gestores de Hospitais

Onde os gestores de hospitais investirão recursos para o combate às IRAS?

1. Processo de qualificação da sua CCIH (Comissão de Controle das Infecções Hospitalares), por intermédio de educação continuada dos seus membros.
2. Implementação, acompanhamento e evolução contínua de um sistema de informações gerenciais (indicadores, modelos matemáticos de gestão, estatística, pesquisa operacional, elaboração, acompanhamento de *dashboards*, acompanhamento de egressos, acompanhamento e análise de dados de boletins epidemiológicos locais, regionais e internacionais etc.).

Note-se que não se faz gerência de coisa alguma sem medições pertinentes e acompanhamentos contínuos e periódicos.

3. Comunicação com todos os setores do hospital, e com todo o sistema hospitalar da sua região.
4. Fornecimento de condições físicas, materiais, e de pessoal de apoio à sua CCIH.
5. Introdução de um processo de informatização que possa fornecer efetivo apoio à produção de informações. Não se trata apenas de automação; de substituição do papel por “papel digital”. O sistema informatizado tem que ser concebido e implementado à luz do que for estabelecido pelo Departamento, ou Divisão de Apoio às Decisões do hospital, do qual a CCIH é um ramo; uma parte.



6. Implementação e manutenção de um Centro de Documentação e Estudo das IRAS, no seio da CCIH.

A alocação dos recursos disponíveis a essas diversas possíveis atividades, é um problema de decisão gerencial, que exige o uso de ferramentas matemáticas como a Teoria da Decisão, entre outras. Maiores detalhes sobre esta e uma série de outras questões relacionadas podem ser encontrados em Bearman et al., (2019).

## 2.2 O Poder Público

Este poder se manifesta por meio do Ministério da Saúde e das diversas Secretarias de Saúde. Como a saúde pública é de responsabilidade desse poder, e é financiada por ele, este agente tem todo o interesse em que o atendimento e a qualidade do serviço público de saúde, seja o melhor possível. Neste universo insere-se a questão das IRAS. Se o combate a estas não for efetivo, eficaz e eficiente, uma grande parcela dos recursos gastos na saúde pública, não terá como efeito o pleno atingimento dos objetivos. Emerge então a necessidade de aportar subsídios aos hospitais para este fim. Como fazê-lo? O simples aporte de recursos financeiros, sem uma regra clara e acompanhada, só fará piorar as coisas; com tendências a aumentar desperdícios. Há que se ter uma lógica.

É claro que o poder público vai exigir que os itens explicitados na seção (2.1) estejam presentes na contrapartida. Apenas o subsídio não iria financiar isso tudo. E esses itens são necessários, mas não suficientes. O problema envolve o poder público e o conjunto de hospitais, e estes, interagindo entre si.

## 2.3 Os Resultados da Literatura

As conclusões a que chegaram Smith et al., (2005) e Drohan et al., (2019), em resumo, foram:

1. O investimento ótimo de um hospital no CIH varia com a proporção de pacientes já colonizados com bactérias resistentes a antibióticos (BRA) no momento da admissão. Quando esta proporção cresce, o comportamento ótimo do hospital, é aumentar os gastos para controlar as BRA com baixa transmissibilidade, e diminuir os gastos naquelas com alta transmissibilidade. Pode haver inclusive uma mudança abrupta nesses gastos.
2. Em áreas com muitos hospitais, a estratégia racional para cada hospital é gastar menos do que em áreas com poucos hospitais
3. Fazer a previsão de que as taxas de transmissão (parâmetros de contágio,  $\beta$ ), e a prevalência de BRA, devem ser mais altas em hospitais urbanos do que em rurais.
4. É um elemento essencial na coordenação e planejamento regional para o CIH,

como parte de uma política pública para o combate às IRAS.

5. As interações estratégicas multi-institucionais são explicáveis pela teoria dos jogos.

6. Como pacientes e profissionais de saúde podem levar e trazer patógenos entre instituições, há um incentivo econômico para os hospitais se aproveitarem dos investimentos em CIH de outras instituições.

7. Dentro de um orçamento limitado, que é o caso típico, demonstra-se que um subsídio pareado ao investimento próprio do hospital é melhor do que tanto um subsídio fixo, quanto um subsídio baseado no número de pacientes não infectados, no que diz respeito à redução das IRAS numa única instituição. Ademais, quando múltiplos hospitais servem a uma comunidade, a prioridade de financiamento deve ser para o hospital com a menor taxa de transmissão.

8. De uma maneira geral os subsídios devem incentivar os gastos em CIH e reduzir a prevalência das IRAS.

9. Para se obter melhores resultados sociais, os hospitais devem operar de uma maneira coordenada, inclusive compartilhando informações.

## 2.4 O Modelo

Sabe-se, pela literatura mencionada em epígrafe, que o espalhamento das BRA (e outras), ocorre mais rapidamente nos centros urbanos, inclusive em grandes hospitais que fazem pesquisas, e só depois atinge unidades mais afastadas. O influxo de BRAs de um hospital para o outro influi naturalmente no comportamento gerencial de cada hospital, e o poder público tem que levar isso em consideração na hora de estabelecer uma política de incentivos para o combate às IRAS.

Considere-se o caso de um hospital que está tentando estabelecer uma política ótima de investimento na sua unidade para combater as IRAS.

O modelo dinâmico é *Drohan et al.* (2019):

$$\frac{dx}{dt} = \gamma(k - x) + \beta(c)x(1 - x) - \lambda x \quad (2.1)$$

onde:

$x$  — é proporção dos pacientes que são colonizados dentro do hospital;

$\kappa$  — é a proporção de pacientes que foram admitidos já colonizados;

$\frac{1}{\gamma}$  — é a duração média da permanência (internação) no hospital ( $\gamma$  é a taxa de alta per-capita);

$c$  — é a quantidade de dinheiro gasta por paciente, por dia, no combate às IRAS;  
 $\beta$  — é a taxa de transmissão diária dentro do hospital (é função de  $c$ ). Admite-se que quanto maior for  $c$ , menor será o  $\beta$ ;

$\lambda$  — é a taxa com a qual ocorre a *clearing* da colonização (Drohan et al., 2019).

Assume-se que  $\frac{d\beta}{dc} \leq 0$  e que  $\frac{d^2\beta}{dc^2} \geq 0$ .

O objetivo é reduzir o número de pacientes colonizados.

Seja  $R_0(c) = \frac{\beta(c)}{\gamma}$  o número básico de reprodução (quando a resistência está ausente).

É uma hipótese do modelo.

A prevalência de equilíbrio será dada então por:

$$x = 0 \therefore -(\gamma + \lambda)x + \beta(c)x + \gamma\kappa = 0 \quad (2.2)$$

$$x_e(c) = \frac{[\beta(c) - (\gamma + \lambda)] + \sqrt{[\beta(c) - (\gamma + \lambda)]^2 + 4\beta(c)\gamma\kappa}}{2\beta(c)} \quad (2.3)$$

Desprezando-se a *clearance*, isto é, fazendo-se  $\lambda = 0$ , ter-se-á:

$$x_e(c) = \frac{Ro(c) - 1 + \sqrt{[Ro(c) - 1]^2 + 4\kappa Ro(c)}}{2Ro(c)} \quad (2.4)$$

O gráfico na figura (1) mostra a fração de pacientes que foram colonizados dentro do hospital, como uma função da fração  $\kappa$  dos pacientes colonizados que foram admitidos no hospital, e que deram entrada no hospital nessa condição. Esta é a situação de absolutamente nenhum controle ( $c = 0$ ) e o  $\beta$  é simplesmente ignorado, nunca é verificado. Este padrão é o mesmo para qualquer conjunto razoável de parâmetros.

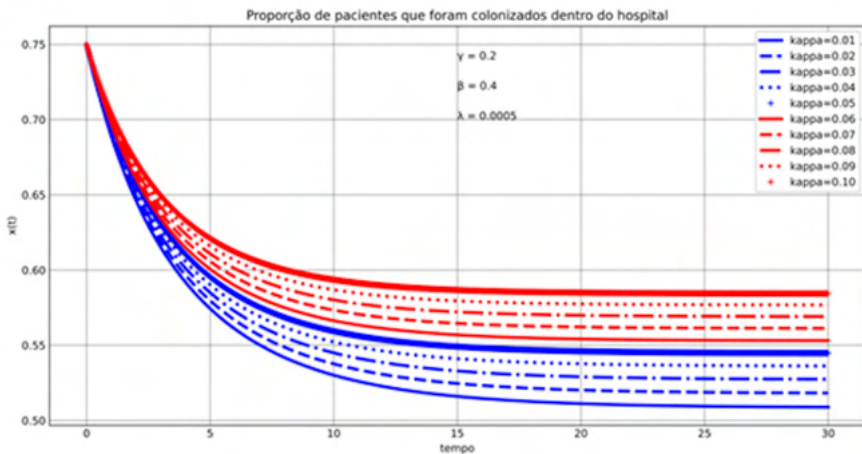


Figura 1: As trajetórias temporais das frações dos pacientes que foram colonizados dentro do hospital, em função de  $\kappa$ . Os parâmetros usados nas simulações foram:  $x(0) = 0.75$ ,  $\gamma = 0.20$ ,  $\beta = 0.40$ , e  $\lambda = 0.0005$ .

Trabalhando apenas com uma análise do ponto de equilíbrio Smith et al.,(2005), chegaram a algumas conclusões interessantes, usando simulações e estudando o comportamento de um hospital com relação ao comportamento do conjunto dos demais hospitais. As conclusões envolvem um raciocínio baseado em teoria dos jogos. Fica claro que o controle de infecção é um jogo econômico. A interação é análoga ao jogo conhecido como “o dilema do prisioneiro”, e emerge naturalmente o conceito de equilíbrio de Nash.

## 2.5 Controle Ótimo das IRAS

Propõe-se aqui um modelo de controle ótimo para o problema. É natural que o gestor do hospital queira diminuir o custo  $c$ , o custo adicional devido aos pacientes colonizados ( $Dx$ ), e a taxa de infecção ( $\beta$ ). Note-se que quando  $c$  aumenta,  $\beta(c)$  diminui. Tem que ser assim, do contrário, não faz sentido despendere recursos financeiros para reduzir a infecção hospitalar e o aparecimento das BRAs. O problema de controle ótimo é, portanto:

$$\text{Min } J = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [c + Dx + \alpha\beta(c)]dt \quad (2.5)$$

Sujeito a

$$\frac{dx}{dt} = \gamma(\kappa - x) + \beta(c)x(1 - x) - \lambda x \quad (2.6)$$

$$\beta(c) = ae^{-bc} \quad (\text{Note-se que } \beta(0) = \alpha) \quad (2.7)$$

onde  $x$  é a proporção de colonizados dentro do hospital ( $0 < x < 1$ ),  $a = \beta(0)$  é o valor de  $\beta$  sem controle,  $b$  caracteriza a velocidade de resposta de  $\beta$  ao investimento  $c$ ,  $D$  é o excesso de custo por paciente por dia,  $0 \leq c \leq D$ ,  $\delta$  é uma taxa de desconto (juros), e  $\alpha$  é uma espécie de taxa que o hospital paga por ter um certo parâmetro de contágio. O hospital não quer otimizar (minimizar) apenas o custo financeiro, mas também minimizar o impacto na comunidade, e por conseguinte, até nele mesmo, pois um maior  $\beta$  vai implicar, no médio prazo, num maior  $\kappa$ . O hospital não deve querer gerar externalidades negativas. Ele pode inclusive perder clientes.

Aplicando o Princípio do Máximo de Pontryagin (Pontryagin et al., 1962), o controle ótimo, isto é, o fluxo financeiro ótimo ao longo do tempo para otimizar o funcional objetivo, será dado por:

$$c^* = \frac{1}{b} \log\{ab\{\alpha - \gamma x(1 - x)\}\}. \quad (2.8)$$

As simulações mostraram que à medida que  $\kappa$  aumenta, o gestor gasta cada vez menos no controle das IRAS.

## 2.6 A Interação do Hospital com o Conjunto dos Outros Hospitais

Sejam  $x_1$  e  $x_2$  as proporções de colonizados num hospital focal e em todos os outros hospitais, respectivamente, de forma que o número total de hospitais é  $n$ . A variável  $x_3$  substitui a constante  $\kappa$  como uma variável que descreve a proporção de colonizados na comunidade. Os pacientes recebem alta e vão para uma população comum de onde são “captados” por cada instituição (hospital) a uma taxa  $r$ .

O sistema agora será regido por (Smith et al., 2005; Drohan et al., 2019):

$$\frac{dx_1}{dt} = \beta(c)x_1(1 - x_1) - \lambda x_1 - y(x_1 - x_3) \quad (2.9)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \bar{\beta}(\bar{c})x_2(1 - x_2) - \lambda x_2 - y(x_2 - x_3) \quad (2.10)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = r \left[ \frac{x_1}{n} + \frac{x_2(n-1)}{n} - x_3 \right] - \lambda x_3 \quad (2.11)$$

Adota-se um valor médio,  $\beta(c)$ , para o parâmetro de contágio do conjunto dos demais hospitais.

O funcional objetivo será o mesmo:

$$\text{Min}_c J = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [c + Dx_1 + \alpha\beta(c)] dt \quad (2.12)$$

O valor ótimo de  $c$  será dado por:

$$c^* = \frac{1}{b} \log\{ab[\alpha - y_1x_1(1 - x_1)]\}. \quad (ab[\alpha - y_1x_1(1 - x_1)] > 1) \quad (2.13)$$

onde  $y_1$  é um multiplicador de Lagrange; um custo de oportunidade.

Os resultados das simulações evidenciam que emerge uma situação análoga àquela situação já mencionada da teoria dos jogos, agora com algumas nuances. É um jogo do tipo “*weak-link*” (Hirshleifer, 1983), um jogo de coordenação com múltiplos equilíbrios de Nash Pareto ordenados. O hospital focal tende a não investir, aproveitando-se dos investimentos dos outros.

## 2.7 Os Incentivos aos Hospitais para o Controle da Infecção Hospitalar

Um mecanismo de estímulo ao controle das IRAS, seria o poder público conceder linhas de crédito com juros,  $\rho$ , mais baixos que os do mercado ( $\delta$ ). Um mecanismo de empréstimo. O funcional objetivo seria:

$$\text{Min}_c J = \int_0^{\infty} c e^{-\rho t} + e^{-\delta t} [Dx_1 + \alpha\beta(c)] dt \quad (2.14)$$

Neste caso a política ótima de investimento seria:

$$c^* = \frac{1}{b} \{ -(\delta - \rho)t + \log\{ab[\alpha - y_1 x_1 (1 - x_1)]\} \} \quad (2.15)$$

Outro mecanismo seria por intermédio de um subsídio. A ideia é que o poder público incentive os hospitais a melhorar ao máximo o controle da infecção hospitalar, por intermédio de subsídios financeiros. Seguindo o proposto em Drohan et al., (2019), considerar-se-á o investimento total em controle da infecção hospitalar,  $c$ , como sendo  $c = h + s_g$ , onde  $h$  é o investimento do hospital com recursos próprios, e  $s_g$  é o subsídio governamental total, que será dado por  $s_g = sh$ , onde  $s$  é uma fração de  $h$ , isto é,  $0 < s < 1$ . Ter-se-á portanto  $c = (1 + s)h$ .

A proposta aqui é que o funcional objetivo de um hospital seja dado por:

$$\text{Min}_h J = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [(1 + s)h + Dx_1 + \alpha e^{\theta s} \beta ((1 + s)h)] dt, \quad \theta > 0 \quad (2.16)$$

O valor de  $s$  caracteriza o *mechanism design* do jogo.

A política ótima do hospital será dada por:

$$h^* = \frac{1}{b(1 + s)} \log\{ab[\alpha e^{\theta s} - y_1 x_1 (1 - x_1)]\} \quad (2.17)$$

As simulações evidenciaram que o melhor sistema é o de empréstimos. É o que consegue a maior redução das IRAS, com os custos racionalizados.

Mais detalhes sobre todo este estudo vão aparecer em Cerqueira et al., (2021).

### 3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a interação estratégica entre hospitais, à luz de modelos propostos de controle ótimo e teoria dos jogos, no contexto do CIH e das IRAS, os seguintes resultados foram obtidos:

1. O melhor sistema de incentivos aos hospitais para que estes invistam no controle das IRAS é o de empréstimos, por intermédio de linhas de crédito com juros inferiores ao de mercado.
2. Explorando os sistemas dinâmicos propostos, vê-se que uma ação conjunta

coordenada entre os hospitais, com compartilhamento de informações, consegue atingir bem melhor os objetivos do controle das IRAS.

3. É importante implementar um sistema de informações gerenciais (não confundir com a simples informatização!) para que se possa efetivamente usar esses modelos.

Recomenda-se então que o problema do controle das IRAS, inclusive englobando as BRAs, seja tratado usando as técnicas de controle ótimo e teoria dos jogos, onde os hospitais são os “*players*”, e o poder público é o “*mechanism designer*”. Os modelos explicitam qual deve ser a política ótima de investimento ao longo do tempo, que deve ser implementada pelos hospitais.

## REFERÊNCIAS

Bearman, Gonzalo; Doll, Michelle; Cooper, Kaila; Stevens, Michael. **Hospital Infection Prevention: How Much Can We Prevent and How Hard Should We Try?** *Current infectious disease reports*, v. 21, 02/2019, p. 2, 2019.

Cerqueira, Guilherme Salazar; Campello de Souza, Fernando Menezes; Rêgo, Leandro Chaves. **Encouraging Hospitals to Control Healthcare Associated Infections: An Approach Through Dynamic Systems**, 2021. To appear.

Drohan, Sarah; Levin, Simon; Grenfell, Bryan; Laxminarayan, Ramanan. **Incentivizing hospital infection control.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 116, 03, p. 6221–6225, 2019.

Hirshleifer, Jack. **From weakest-link to best-shot: The voluntary provision of public goods.** *Public Choice*, v. 41, n. 3, p. 371–386, 1983.

Pontryagin, Lev Semenovich; Boltyanskii, V G; Gamkrelidze, R V; Mishchenko, E F. **The mathematical theory of optimal processes.** New York, NY: Wiley, 1962.

Smith, David L.; Levin, Simon A.; Laxminarayan, Ramanan. **Strategic interactions in multi-institutional epidemics of antibiotic resistance.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, n. 8, p. 3153–3158, 2005.

Tekin, Elif; Beppler, Casey; White, Cynthia; Mao, Zhiyuan; Savage, Van M.; Yeh, Pamela J. **Enhanced identification of synergistic and antagonistic emergent interactions among three or more drugs.** *J. R. Soc. Interface*, v. 13: 20160332, n. 119, 2016.

# Infecção relacionada à assistência à saúde:

Subsídios para a assistência segura

---

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)





# Infecção relacionada à assistência à saúde:

Subsídios para a assistência segura

---

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

