

José Roberto Generoso Júnior

**COMPARAÇÃO DE DOIS SISTEMAS ELETRÔNICOS DE HIGIENE DAS
MÃOS USANDO *FEEDBACK* EM TEMPO REAL VIA TECNOLOGIA SEM
FIO PARA MELHORAR A ADESÃO À HIGIENE DAS MÃOS EM UMA
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de
Ciências da Saúde Albert Einstein para
obtenção do Título de Doutor em Ciências da
Saúde.

São Paulo

2022

José Roberto Generoso Júnior

**COMPARAÇÃO DE DOIS SISTEMAS ELETRÔNICOS DE HIGIENE DAS
MÃOS USANDO *FEEDBACK* EM TEMPO REAL VIA TECNOLOGIA SEM
FIO PARA MELHORAR A ADESÃO À HIGIENE DAS MÃOS EM UMA
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de
Ciências da Saúde Albert Einstein para
obtenção do Título de Doutor em Ciências da
Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rodrigues
Marra

São Paulo
2022

Generoso Júnior, José Roberto

Comparação de dois sistemas eletrônicos de higiene das mãos usando feedback em tempo real via tecnologia sem fio para melhorar a adesão à higiene das mãos em uma unidade de terapia intensiva / José Roberto Generoso Júnior. -- São Paulo, 2022.

x, 34 f.

Tese (Doutorado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit.*

1. Higiene das mãos. 2. Automação. 3. Melhoria de qualidade. 4. Unidades de terapia intensiva. 5. Dispositivo de identificação por radiofrequência. 6. Controle de infecções.

Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenador do Curso de Pós-Graduação: Prof. Dr. Luiz Vicente Rizzo

José Roberto Generoso Júnior

**COMPARAÇÃO DE DOIS SISTEMAS ELETRÔNICOS DE HIGIENE DAS
MÃOS USANDO *FEEDBACK* EM TEMPO REAL VIA TECNOLOGIA SEM
FIO PARA MELHORAR A ADESÃO À HIGIENE DAS MÃOS EM UMA
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Presidente da banca: Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Marra

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:

Dr. Fabrício Rodrigues Torres de Carvalho

Dr. Gustavo Faissol Janot de Matos

Dr. Rodrigo Octávio Deliberato

Membros suplentes:

Prof. Dr. Álvaro Razuk Filho

Profa. Dra. Giselle Burlamaqui Klautau

Dr. Leonardo Lima Rocha

Dr. Roberto Rabello Filho

Aprovada em: 21/12/2022.

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha avó Maria Antônia Ferreira Augusto Lopes por todo seu amor e presença eterna em minha vida.

Agradecimentos

Aos meus pais José Roberto Generoso e Ruth Maria Ferreira Augusto Lopes Generoso, pela dedicação à minha criação, solidez de meu caráter e porto seguro nas adversidades.

Ao meu irmão Prof. Dr. Marcelo Bruno Generoso, por estar ao meu lado desde seu primeiro dia de vida e construirmos juntos nossa história pautada pelo amor e admiração que nutro por ele.

Ao meu avô Ernesto Augusto Lopes Filho, pelo exemplo de bondade, paciência e honradez.

Aos meus avós Antônio Generoso e Antônia Chierice Generoso, pelas agradáveis lembranças da infância.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Marra, por dedicar seu tempo e sabedoria para que juntos pudéssemos concluir este estudo e sempre ser um querido amigo.

Ao Prof. Dr. Elcio Tarkieltaub, por me ensinar quando jovem residente os caminhos da arte da medicina e me dar a honra de absorver parte de seu vasto saber.

Ao Prof. Dr. Gustavo Faissol Janot de Matos, um dos maiores intensivistas que conheci e que sempre me serviu de exemplo de determinação e busca pela excelência em todas as vertentes profissionais e pessoais.

Aos Drs. Richard Lee Fidler e Jan Hirsh, por me apresentarem à simulação em saúde e serem meus mentores, amigos e inspiração em minha carreira.

Aos meus *co-fellows*, Yahya Acar, Rebekah Damazo e Renée Latoures pelos bons momentos e grandes aprendizados no *San Francisco VA Medical Center*.

Ao meu amigo e veterano, Prof. Dr. Sérgio Flávio de Albuquerque Felizola e família, por me ensinar a ser um melhor médico, com seu exemplo diário de atenção ao paciente e maestria técnica.

Ao Dr. Eduardo Casaroto, pela dedicação e esforço conjunto para a conclusão deste trabalho e sua amizade desde os tempos de residência.

Ao Dr. Rodrigo Octávio Deliberato, pelo eterno companheirismo, amizade e primordiais conselhos.

Ao Dr. Fabrício Rodrigues Torres de Carvalho, pela nossa amizade cultivada dia após dia e exímia habilidade no cuidado com seus doentes que transformam vidas e famílias para o melhor.

Aos meus amigos doutores, Leonardo Lima Rocha, Roberto Rabello Filho, Ary Serpa Neto, Bernardo Silveira Barros, Felício de Aragão Savioli, Giancarlo Colombo, Fábio Tanzillo Moreira, Ayrton Leonardo de Oliveira Manoel, Guilherme Olivatto Benfatti e doutora Lilian Moreira Pinto, grandes expoentes da terapia intensiva e com os quais posso compartilhar conhecimentos, projetos e aprendizados.

Aos amigos doutor Fábio Cattucci Carone e doutoras Fernanda Domingos Giglio Petreche e Maria Carolina Rocha Lopasso pelo apoio e amizade incondicional para juntos trilharmos majestosos caminhos e ultrapassarmos barreiras.

Aos amigos André Gnecco Avelar, Guilherme Rodrigues Monteiro Mendes, Guilherme Nascimento Frederico e Henrique Abdalla Ferreira de Sá, por podermos desfrutar de nossa convivência dos muros do querido Colégio São Luís aos tempos atuais de nossa jornada.

Aos gestores atuais e passados, do departamento de pacientes graves do Hospital Israelita Albert Einstein, representado pelos doutores, Leonardo José Rolim Ferraz, Thiago Domingos Corrêa, Bruno de Arruda Bravim e Felipe Maia de Toledo Piza.

À Universidade de Mogi das Cruzes pela minha graduação como Médico.

Ao Hospital Municipal Prof. Dr. Alípio Corrêa Netto e seu programa de Residência Médica, pela minha formação como especialista em Medicina Interna.

Ao Hospital Israelita Albert Einstein e seu programa de Residência Médica, pela minha formação como especialista em Medicina Intensiva.

Aos profissionais da assistência e administrativo, do departamento de pacientes graves do Hospital Israelita Albert Einstein, sem os quais este estudo não poderia ter se concretizado.

Sumário

Dedicatória	v
Agradecimentos.....	vi
Lista de figuras	ix
Resumo	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	3
2 MÉTODOS	4
2.1 Dispositivos eletrônicos (Infectrack®).....	5
2.2 Tecnologia de <i>feedback</i> eletrônico	6
2.3 Análise estatística.....	10
3 RESULTADOS	12
4 DISCUSSÃO	14
4.1 Limitações do estudo.....	17
5 CONCLUSÃO	19
6 APRESENTAÇÃO DO ARTIGO	20
7 MÉTRICAS	21
7.1 Métricas do periódico	21
7.1.1 Fator de impacto.....	21
7.2 Métricas do artigo	21
7.2.1 Citações.....	21
7.2.2 Altmetria	22
7.3 Métricas do autor	22
7.3.1 Redes científicas	22
7.3.2 Trabalhos publicados.....	22
7.3.3 Mediana do fator de impacto dos trabalhos publicados.....	23
7.3.4 Citações recebidas	24
7.3.5 H índice e m quociente.....	24
8 ANEXOS.....	26
9 REFERÊNCIAS	31
Abstract	

Lista de figuras

Figura 1. Sistema de <i>feedback</i> em tempo real para monitoramento de higiene das mãos	4
Figura 2. Diferenças entre os dispositivos instalados nos quartos de unidade de terapia intensiva	7
Figura 3. Sistema de <i>loop</i> de <i>feedback</i> em tempo real.....	8
Figura 4. Sensor aderido ao dispositivo invasivo	9
Figura 5. Conexão do sensor do dispositivo invasivo à bolsa em uma bomba de infusão	10

Resumo

Introdução: A maioria dos estudos de intervenção sobre higiene das mãos usa um desenho chamado *quasi-experimental*, principalmente não randomizado, sem um grupo controle equivalente. Há necessidade de estudos com melhores desenhos em intervenções para higiene das mãos. **Objetivos:** Avaliar a adesão do profissional de saúde à higienização das mãos à base de álcool, por meio de observação direta (observador humano) de duas tecnologias eletrônicas, um sistema de crachá de identificação por radiofrequência e um sensor de dispositivo invasivo. **Métodos:** Em nosso estudo experimental controlado, foram feitas 2.269 observações durante um período de 6 meses, de 1 de julho a 30 de dezembro de 2020, em uma unidade de terapia intensiva com 4 leitos. A conformidade com a higiene das mãos foi comparada entre um sistema de *loop de feedback* básico com crachás de identificação por radiofrequência e um sistema de *loop de feedback* aprimorado que utilizou sensores em dispositivos invasivos. **Resultados:** Demonstramos que o uso de *feedback* em tempo real por tecnologia sem fio conectada ao dispositivo invasivo de um paciente (*loop de feedback* aprimorado) resultou em um aumento significativo na adesão à higiene das mãos (69,5% no Grupo Aprimorado *versus* 59,1% no Grupo Básico, $p=0,0001$). **Conclusão:** Um sistema de *loop de feedback* aprimorado conectado a dispositivos invasivos, fornecendo alertas em tempo real aos profissionais de saúde, mostrou-se eficaz para melhorar a adesão à higiene das mãos.

Descritores: Higiene das mãos; Automação; Melhoria de qualidade; Unidades de terapia intensiva; Dispositivo de identificação por radiofrequência; Controle de infecções

1 INTRODUÇÃO

Infecções nosocomiais são os eventos adversos mais prevalentes no contexto do cuidado à saúde em ambiente hospitalar, conferindo uma grande ameaça aos pacientes, além de representarem um alto custo da assistência para toda a sociedade.⁽¹⁾

Curiosamente os primeiros relatos de que poderia existir um problema com a não higiene das mãos datam do século XIX quando o médico húngaro Ignaz Philipp Semmelweis, observou que mulheres que precisavam realizar seu parto em um hospital apresentavam taxas de mortalidade até 30% superiores às aquelas que tinham seus filhos em casa.⁽²⁾

Dr. Semmelweis passou então a observar cuidadosamente a rotina hospitalar e notou que as pacientes que tinham contato com alunos vindos diretamente das salas de anatomia onde tinham contato com cadáveres, apresentavam um maior risco de óbito. A partir daí, o Dr. Semmelweis passou a orientar que os alunos de medicina lavassem as mãos após o contato com os cadáveres e antes de atenderem as mulheres em trabalho de parto. Com esta simples medida a taxa de mortalidade na unidade estudada caiu de 18,27% para 1,27%.⁽²⁾

A lavagem padrão das mãos nos últimos 150 anos era o método mais comum para a descontaminação, aparecendo em *guidelines* desde a década de 1980 para a prevenção de infecções hospitalares.⁽³⁾

A partir de diretrizes conjuntas do *Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee*, da *Society for Healthcare Epidemiology of America*, da *Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology* e da *Infectious Diseases Society of America*, postuladas em 2002, o uso do álcool surgiu como forma de higienizar as mãos — a menos que estas estejam visivelmente sujas.⁽⁴⁾

A higiene das mãos deve ser realizada nos “Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos” (antes do contato com o paciente, antes da realização do procedimento asséptico, após o risco de exposição a fluidos corporais, após o contato com o paciente, e após o contato com as áreas próximas ao paciente).⁽⁵⁾ Em estudo de 2013 a Organização Mundial da Saúde mostrou que apesar de 82% dos participantes conhecerem os momentos corretos para a higiene das mãos, eles não os aderiram de forma adequada,

levando a crer que apenas treinamento e conhecimento talvez não sejam suficientes para aumentar a aderência aos “Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos”.⁽⁵⁾

Manter a prática constante das medidas de controle de infecção em ambientes hospitalares — com foco na importância da higienização das mãos — é crucial para evitar a contaminação dos profissionais de saúde, de pacientes e de acompanhantes como visto na pandemia pelo novo coronavírus iniciada em 2019.⁽⁶⁾

Nesse contexto, a inserção da tecnologia dentro dos ambientes hospitalares se torna uma alternativa para a coleta de dados sobre higienização das mãos, por meio da utilização de métodos automatizados. A instalação periódica de sistemas automatizados de monitoramento e captura aliados a sistemas de lembretes visuais podem melhorar a aderência dos profissionais da saúde à higiene adequada das mãos.⁽⁷⁾

Um exemplo desses recursos são os contadores eletrônicos de higiene das mãos feitos com álcool gel, os quais possibilitam uma captura automática e inovadora da aderência à higiene das mãos — que “é calculada dividindo o número de ações de higiene das mãos realizadas quando existe uma oportunidade pelo número total de oportunidades de higiene das mãos”,⁽⁸⁾ especialmente importante em unidades de terapia intensiva.

As tecnologias mais comumente utilizadas para se estudar a aderência à higiene das mãos são o Wi-Fi — sistema sem fio baseado nos padrões do instituto de engenheiros elétricos e eletrônicos 802.11 — e os sistemas ZigBee — protocolos de comunicação sem fio baseados nos padrões instituto de engenheiros elétricos e eletrônicos 802.15.3. Ambas as ferramentas tecnológicas possuem baixo custo de produção e manutenção, além de serem portáteis, facilitando sua implementação.⁽⁹⁾

A higiene das mãos é uma intervenção considerada categoria 1A (fortemente recomendada); no entanto, evidências sólidas para essa designação são relativamente fracas (categoria 2), derivadas de estudos de coorte históricas.⁽¹⁰⁾ Uma designação de evidência da categoria 2 destaca a necessidade de metodologias mais rigorosas ao testar a eficácia da higiene das mãos. No entanto, devido ao custo e às outras barreiras logísticas,⁽¹¹⁾ a maioria dos estudos de intervenção de higiene das mãos usa um desenho de estudo *quasi-experimental*, principalmente não controlado⁽¹²⁾ ou controlado antes e depois dos estudos com um grupo controle não equivalente,⁽¹³⁾ ou seja, onde não existe randomização. Esses delineamentos de estudo não possuem

nomenclatura padrão e são prejudicados por fatores de confusão, vieses de seleção e de regressão.⁽¹⁴⁾

É cada vez mais reconhecido que estratégias de implementação eficazes e adaptadas localmente são importantes para a manutenção de altos níveis de conformidade com a higiene das mãos.⁽¹⁵⁾ Embora a observação direta seja considerada o método padrão-ouro, apenas uma fração muito pequena das oportunidades para higiene das mãos pode ser observada.⁽¹⁶⁾ Estudos que empregam observação direta, provavelmente são tendenciosos pelo efeito Hawthorne (efeito observado *versus* observador), que causa mudanças comportamentais entre os participantes de estudos epidemiológicos ou intervenções de controle de infecção.⁽¹⁷⁾

A contagem eletrônica de higienização das mãos por meio de identificação por radiofrequência é uma importante ferramenta para coleta de dados sobre higiene das mãos, dando-nos a possibilidade de fornecer *feedback* em tempo real aos profissionais da saúde sobre seu desempenho em higiene das mãos.^(16,18) Os sistemas eletrônicos de higiene das mãos são projetados para garantir que os profissionais de saúde realizem a higiene das mãos antes do atendimento ao paciente, emitindo um alerta automatizado para que a higiene das mãos seja realizada.⁽¹⁹⁾ Até o momento, esses sistemas não resultaram em melhorias significativas na higiene das mãos,⁽²⁰⁾ embora os *loops* de *feedback* sejam geralmente ferramentas profundamente eficazes para mudar o comportamento humano.⁽²¹⁾

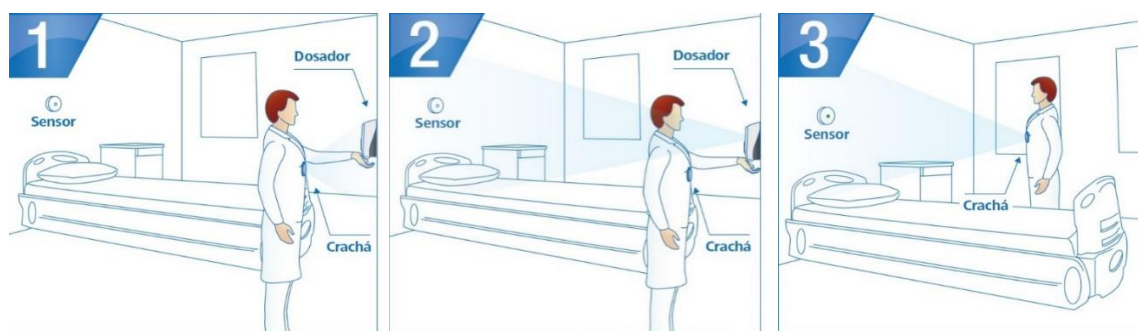
1.1 Objetivos

1. Avaliar a adesão à higiene das mãos com álcool gel por profissionais da saúde, por meio de observação direta para higiene das mãos, e com o uso de duas tecnologias distintas em sistemas de higiene das mãos: sistema de identificação por radiofrequência em crachás, e sistema com sensores em dispositivos invasivos.

2 MÉTODOS

Este estudo foi realizado na unidade de terapia intensiva de um hospital privado terciário, Hospital Israelita Albert Einstein, em São Paulo, Brasil, durante um período de 6 meses (de 1 de julho a 31 de dezembro de 2020). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein (CAAE 36179314.9.0000.0071). Esta unidade de terapia intensiva é uma unidade clínica-cirúrgica com 38 leitos, onde todos os quartos são privativos. Quatro leitos (1-4) foram selecionados para a realização do estudo. Cada leito tinha suprimentos dedicados para atendimento ao paciente, como estetoscópios e termômetros, pias (1 dentro do quarto e 2 fora dos quartos), e a equipe multiprofissional de plantão, composta por um enfermeiro, um médico, um fisioterapeuta e quatro técnicos de enfermagem.

A medição da conformidade de higiene das mãos foi comparada por observação direta, captura eletrônica de eventos de higiene das mãos por um dispositivo (Infectrack®) que utiliza crachás de identificação e um sistema conectado a um sensor de dispositivo invasivo (Anexo 1). As diferenças entre essas tecnologias eletrônicas podem ser observadas na figura 1. Os sensores do dispositivo invasivo (*loop de feedback* aprimorado) foram instalados nos leitos 3 e 4 (Grupo de Intervenção), e o sistema de *loop de feedback* básico foi instalado nos leitos 1 e 2 (Grupo Controle). Observações de higiene das mãos realizadas por observadores humanos foram realizadas em todos os leitos (1-4).



Fonte: Sistema Infectrack. São Carlos: i-HealthSys©; 2018 [citado 2022 Ago 1]. Disponível em: [https://i-healthsys.com.br/sistema^{\(9\)}](https://i-healthsys.com.br/sistema⁽⁹⁾)

Figura 1. Sistema de *feedback* em tempo real para monitoramento de higiene das mãos

Para a observação direta, a concordância das observações de higiene das mãos entre os dois observadores humanos designados e o enfermeiro especialista

em controle de infecção hospitalar foi estabelecida em leitos da unidade de terapia intensiva que não fizeram parte do nosso estudo, fazendo com que os observadores humanos e o enfermeiro especialista em controle de infecção hospitalar observassem o desempenho da higiene das mãos na mesma unidade, ao mesmo tempo, comparando suas taxas de medidas de conformidade relativos à higiene das mãos.⁽²¹⁾ Em seguida, os observadores humanos foram orientados a realizar observações de higiene das mãos por 15 minutos nos quatro leitos de estudo da unidade de terapia intensiva, apenas um leito por dia, e em diferentes horários entre 8 e 20h (manhã, tarde e noite) aleatoriamente em dias de semana, finais de semana e feriados. Os dois observadores humanos registraram as oportunidades de higiene das mãos observadas em um iPhone usando o aplicativo iScrub (Anexo 2). Após a coleta, os dados foram organizados em um arquivo Excel e enviados por *e-mail* via WI-FI⁽²²⁾ para o engenheiro do projeto. Os dois observadores humanos contabilizaram apenas as oportunidades de higiene das mãos dentro do processo de cuidado quando a higiene das mãos deveria ser realizada, conforme especificado pelas indicações, “Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos” da Organização Mundial da Saúde.⁽²³⁾

2.1 Dispositivos eletrônicos (Infectrack®)

Os eventos de higiene das mãos foram registrados por meio de dispositivos eletrônicos de lavagem das mãos com PURELL – desinfetante instantâneo de mão (álcool etílico 62% + álcool isopropílico 4% saco de 1 litro). O dispensador comporta produto à base de álcool (modelo NXT de 1 litro) registra apenas 1 evento a cada 2 segundos, mesmo que seja dispensada mais de uma alíquota. Os dispensadores fornecem o mesmo volume de produto por uso (aproximadamente 1,3mL) e estão localizados dentro dos leitos dos pacientes e fixados à parede. Todos os dispensadores eram do mesmo tipo. Os bicos dos dispensadores não entupiam porque a cada 48 horas uma enfermeira (não plantonista) os verificava ou trocava os vazios, verificando também o número dentro dos leitos. Existem dois dispensadores para a higiene das mãos à base de álcool em cada leito e um outro entre as entradas para os leitos.

2.2 Tecnologia de *feedback* eletrônico

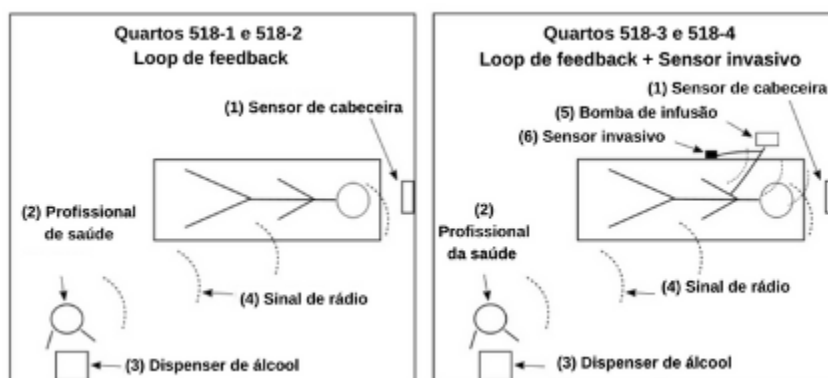
A tecnologia básica utiliza um dispositivo de identificação sem fio (crachá) para registro quando um profissional de saúde realiza higiene das mãos à base de álcool usando um dispensador eletrônico dentro do leito do paciente. Os dispositivos de identificação utilizam a tecnologia ZigBee® (iHealthSys®, São Carlos, São Paulo, Brasil) (Anexo 1), protocolo de comunicação sem fio baseado nos padrões do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (802.15.3).⁽²¹⁾

Os crachás foram codificados por cores para serem usados especificamente por uma categoria de profissionais de saúde (enfermeiro, fisioterapeuta, médico ou técnico de enfermagem) e nos permitiram determinar qual profissional de saúde estava sendo observado e realizando atendimento ao paciente em qualquer oportunidade de higiene das mãos. Um sensor à beira do leito pisca uma luz vermelha acima do leito do paciente quando um profissional de saúde usando o referido crachá, se aproxima dele e a higiene das mãos ainda não tiver sido realizada. O mesmo sensor de cabeceira pisca uma luz verde se a higiene das mãos for realizada. Assim, os profissionais de saúde recebem *feedback* em tempo real sobre a conformidade com relação à higiene das mãos. É possível também, a integração do banco de dados permitindo gerar relatórios demonstrando quantos profissionais de saúde entraram nos leitos, e realizaram a higiene das mãos, e quantos pacientes foram atendidos por profissionais de saúde individualmente. Os dados dos eventos de higiene das mãos foram registrados por contadores eletrônicos de higiene das mãos à base de álcool em dispensadores de álcool. Nosso estudo usou uma nova tecnologia baseada em um sensor montado na parede para criar uma zona de segurança de radiofrequência ao redor da cama do paciente, que pode detectar a presença de profissionais de saúde usando crachás perto do leito. Ao contrário de outros sistemas, não é necessário que os profissionais de saúde coloquem as mãos perto de um sensor para detectar álcool gel.⁽²⁴⁾ Nosso sistema é ativado ao mesmo tempo que o profissional da saúde pressiona o dispensador conectado ao sistema. A detecção do crachá é feita adequadamente sem interferência no leito adjacente. O sistema monitora a intensidade do sinal do rádio em tempo real e, por meio de análise estatística, determina se a pessoa que usa o crachá está dentro dos limites da área circundante do paciente. O alcance do sensor de cabeceira do leito foi limitado a 3 metros para evitar um sinal de interferência vindo do

leito adjacente (no qual um profissional de saúde com crachá poderia estar a uma distância menor do que 3 metros), e uma barreira física foi colocada atrás da placa de rádio do sensor de cabeceira. Portanto, o sensor de cabeceira de leito foi capaz de detectar o sinal de rádio do crachá quando este estava no campo de visão, em frente ao rádio de leito, até uma distância de aproximadamente 3 metros.

A figura 1 mostra a sequência de etapas para detecção da higiene das mãos pelos profissionais da saúde: (a) o profissional realiza higiene das mãos e o sinal de rádio emitido pelo crachá é detectado pelo dispensador do produto; (b) após esta detecção, o dispensador envia os dados (hora e identificação do crachá) para o sensor de leito; (c) o sensor monitora o sinal de rádio emitido pelo crachá. Se o profissional de saúde estiver dentro do quarto, a luz do sensor de cabeceira fica verde se o profissional de saúde realizou higiene das mãos ou, se não o fez, a luz permanece vermelha.

O sistema de *feedback* em tempo real foi instalado nos quatro leitos de estudo, mas nos leitos 3 e 4 também foram instalados sensores de dispositivos invasivos (acesso venoso central ou sonda vesical). Esses sensores monitoravam quando os profissionais de saúde tinham contato físico com o dispositivo invasivo (Figura 2-Anexo 4).



Os quartos 3 e 4 possuem o sensor do dispositivo invasivo que não estava presente nos quartos 1 e 2 onde foi instalado apenas o sistema de *loop de feedback*.

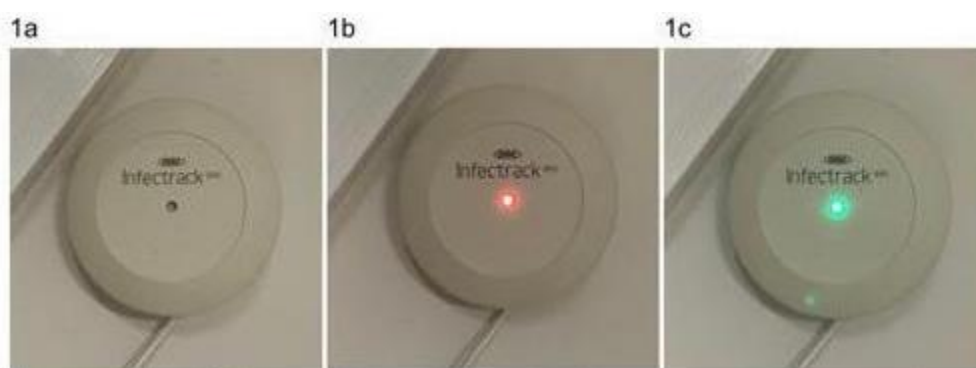
Fonte: Generoso Júnior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol.* 2022;2:e27,1-6. Fig. 2. Differences between the devices installed in the ICU rooms; p. 3.⁽²⁵⁾

Figura 2. Diferenças entre os dispositivos instalados nos quartos de unidade de terapia intensiva

Semelhante ao sistema de *loop de feedback* que alerta os profissionais de saúde sobre higiene das mãos, os sensores do dispositivo invasivo piscam uma luz verde quando os profissionais de saúde manipulam com o dispositivo invasivo, com a intenção de lembrá-los de realizar a higiene das mãos em uma oportunidade para tal. Os leitos 1 e 2 foram utilizados como leitos de controle para comparar a conformidade de higiene das mãos com os leitos 3 e 4 onde tínhamos o sistema aprimorado instalado.

A tecnologia do sensor aderido ao dispositivo invasivo utiliza um cabo semirrígido feito de um material plástico atóxico que transmite o movimento do dispositivo invasivo ao sensor, que possui um acelerômetro interno e uma placa micro controladora para aquisição de dados do acelerômetro. Esses dados são então transmitidos via protocolo ZigBee® de radiofrequência (e radiofrequência de 2,4GHz) para o mesmo sensor de cabeceira usado no sistema de *loop de feedback* básico. Posteriormente, o sensor de leito envia os dados via radiofrequência para um computador na unidade de terapia intensiva. Foram feitas calibrações do *software* para filtrar os movimentos do paciente, ao mesmo tempo em que se conseguiu capturar os movimentos dos profissionais de saúde manipulando o dispositivo invasivo.

A figura 3 mostra o sensor de teto instalado nas unidades e a luzes vermelha, verde ou apagada.



Luz apagada quando não há detecção de um crachá (1a) Uma luz vermelha se acende (1b) acima do leito do paciente quando o profissional da saúde aborda o leito do paciente sem ter realizado a higiene das mãos. Uma luz verde se acende (1c) se a higiene das mãos foi realizada.

Fonte: Casaroto E. Utilização de sensores infravermelhos para monitorização da higiene das mãos [tese]. São Paulo: Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein; 2022. Figura 2. Sistema de feedback loop em tempo real; p. 12.⁽²⁶⁾

Figura 3. Sistema de *loop de feedback* em tempo real

A figura 4 mostra o sensor aderido ao dispositivo invasivo piscando a luz verde quando o profissional da saúde o manipulou.



Piscando a luz verde quando o profissional da saúde manipula o dispositivo invasivo.

Fonte: Generoso Júnior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol.* 2022;2:e27,1-6. Fig. 3. Invasive device sensor flashing the green light when HCW manipulates the invasive device; p. 3.⁽²⁵⁾

Figura 4. Sensor aderido ao dispositivo invasivo

A figura 5 mostra o cabo semiflexível do sensor aderido ao dispositivo invasivo conectado a uma bolsa para infusão intravenosa em uma bomba conectada à linha venosa central.



Fonte: Generoso Júnior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol.* 2022;2:e27,1-6. Fig. 4. Invasive device sensor connection to the IV bag on a pump; p. 4.⁽²⁵⁾

Figura 5. Conexão do sensor do dispositivo invasivo à bolsa em uma bomba de infusão

2.3 Análise estatística

Procuramos comparar a adesão à higiene das mãos entre os leitos de intervenção e os de controle. As comparações foram feitas de 2 maneiras: (1) o número de eventos de higiene das mãos e o número de oportunidades para higiene das mãos registradas pelos observadores humanos, que é necessário para as taxas de conformidade estimadas e (2) o número de eventos de higiene das mãos registrados pelo dispensador eletrônico de álcool gel por paciente-dia. O número de pacientes-dia foi calculado com base no número total de pacientes internados na unidade de 4 leitos onde foi realizado nosso estudo em um período de 180 dias. O número total de pacientes-dia considerado para cada grupo foi a metade do número de pacientes-dia da

referida unidade. Também foi considerada a avaliação da concordância entre os observadores pelo coeficiente κ com intervalo de confiança de 95% (IC 95%).

Estimamos 400 oportunidades para higiene das mãos para detectarmos um mínimo de 15% de diferença na aderência às oportunidades de higiene das mãos entre os grupos Controle e Intervenção, assumindo um poder de 90%.

Cada período de observação presencial, realizado pelos observadores humanos, teve duração de 15 minutos.

As análises qualitativas foram descritas por frequências absolutas e porcentagens. As variáveis quantitativas foram descritas por medianas e quartis, além de valores mínimos e máximos devido à assimetria observada na distribuição. Para avaliar a concordância entre as medidas, foram utilizados gráficos de dispersão e coeficientes de correlação intraclasse. A comparação entre diferentes leitos de pacientes para medidas quantitativas foi feita por testes de Mann-Whitney. Para comparar os resultados dos diferentes quartos, foram utilizadas variáveis categóricas e os testes do qui-quadrado. As análises foram realizadas no SPSS (IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows, Versão 24.0. 2016). Todos os testes de significância estatística foram bilaterais, com nível de significância estabelecido em $p \leq 0,05$.

3 RESULTADOS

Antes do início do estudo, foi realizada comparação entre as observações dos dois observadores humanos treinados pelo Serviço de Infecção Hospitalar em relação às observações para higiene das mãos. Analisando os dados registrados por esses dois médicos obtivemos o valor Kappa de 0,97 com intervalo de confiança (0,93 – 1,01) e valor- $p < 0,001$.

Comparação de quartos em relação ao número de higiene das mãos por paciente-dia de julho a dezembro de 2020.

Tivemos o número de higiene das mãos referente a unidade de nosso estudo (leitos 1-4) como um todo e o número de pacientes-dia também da referida unidade e calculamos o número de higiene das mãos por paciente-dia usando o mesmo denominador, tanto para os leitos 1 e 2 quanto para os leitos 3 e 4. Foram observadas 50.340 higiênes das mãos no período e 522 pacientes-dia. Nos leitos 1 e 2, o número total de higiene das mãos foi de 27.047, e com um total de 261 pacientes-dia, temos uma estimativa de 103,6 higienizações para as mãos por paciente-dia. Nos leitos 3 e 4, o número total de higiene das mãos foi de 23.293, e com um total de 261 pacientes-dia, temos uma estimativa de 89,2 higienizações para as mãos por paciente-dia, como visto na tabela 1.

Tabela 1. Aderência total da higiene das mãos por paciente-dia

Variável	Leitos controle (1 e 2)	Leitos intervenção (3 e 4)	Total
Número de higiene das mãos	27.047	23.293	50.340
Pacientes-dia	261	261	522
Número de higiene das mãos/paciente-dia	103,6	89,2	96,4

Para comparar o número de higiene das mãos para os leitos 1 e 2 (controle) *versus* leitos 3 e 4 (intervenção), realizamos um teste de Mann-Whitney para amostras independentes.

A mediana relativa aos eventos de higiene das mãos por paciente-dia para os leitos 1 e 2 foi de 108,9 (intervalo interquartil: 66,2 – 155,4) e para os leitos 3 e 4 a mediana foi 91,7 (intervalo interquartil: 79,3 – 97,6), sem significância estatística entre os grupos ($p=0,5887$).

Comparação dos leitos 3 e 4 (sistema de *loop* de *feedback* aprimorado) com os leitos 1 e 2 (sistema de *loop* de *feedback* básico).

Para o período total do estudo, tivemos 2.269 oportunidades de higiene com identificação do quarto. A adesão às oportunidades de higiene das mãos foi acolhida em 59,1% das oportunidades nos leitos 1 e 2 e em 69,5% das oportunidades nos leitos 3 e 4, evidenciando uma diferença significativa (valor-p <0,0001). Ao avaliar por subgrupos, também há evidências de diferenças entre os grupos da mesma forma (maior adesão nos leitos 3 e 4) nos dias de semana (valor-p <0,0001), nos três períodos do dia (valor-p 0,0044 de manhã, 0,0059 à tarde e 0,0015 à noite) e, em relação aos “Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos”, temos evidências de diferenças significativas após exposição a fluido corporal (valor-p 0,0010) e após contato com o entorno do paciente (valor-p 0,0068).

A taxa de adesão à higiene das mãos foi maior nos leitos de intervenção (leitos 3 e 4) em comparação com os de controle (leitos 1 e 2) (69,5 *versus* 59,1%, valor-p <0,0001) como visto na tabela 2.

Tabela 2. Aderência da higiene das mãos por observação direta nos leitos controle e da intervenção

Variável	Aderência à higiene das mãos		Valor-p
	Controle (Leitos 1 e 2)	Intervenção (Leitos 3 e 4)	
N (Total)	1.485	784	
Aderência global, n (%)	877/1485 (59,1)	545/784 (69,5)	<0,0001
Dia da semana, n (%)			
Segunda à sexta-feira	836/1431 (58,4)	451/641 (70,4)	<0,0001
Sábado e domingo	41/54 (75,9)	94/143 (65,7)	0,1694
Período do dia, n (%)			
Manhã (07:00-12:59)	406/642 (63,2)	236/326 (72,4)	0,0044
Tarde (13:00-18:59)	301/526 (57,2)	255/385 (66,2)	0,0059
Noite (19:00-06:59)	170/317 (53,6)	54/73 (74)	0,0015
Oportunidades para higiene das mãos (Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos), n (%)			
Após exposição à fluídos	25/45 (55,6)	50/59 (84,7)	0,001
Após tocar o paciente	264/336 (78,6)	201/249 (80,7)	0,524
Após tocar o entorno do paciente	256/542 (47,2)	125/215 (58,1)	0,0068
Antes de um procedimento asséptico	13/31 (41,9)	10/20 (50)	0,572
Antes de tocar o paciente	319/531 (60,1)	159/241 (66)	0,1178

4 DISCUSSÃO

Em nosso estudo, demonstramos que o uso de *feedback* em tempo real por tecnologia sem fio conectada a dispositivos invasivos de um paciente, resultou em um aumento significativo na adesão à higiene das mãos. Uma revisão sistemática publicada recentemente pela *Cochrane Collaboration* sobre intervenções para melhorar a adesão à higiene das mãos encontrou apenas seis estudos que avaliaram o *feedback* em tempo real que atendeu aos critérios da revisão.⁽¹²⁾ Esses seis estudos^(1,9,17,23,27,28) têm variação considerável na natureza e na entrega do *feedback* em tempo real.⁽²⁹⁻³⁴⁾ O *feedback* em tempo real pode melhorar a adesão à higiene das mãos (baixa certeza da evidência) com diferenças de 69,5 a 59,1% favorecendo a intervenção.⁽²⁹⁻³⁴⁾ Devido à heterogeneidade nas intervenções de higiene das mãos, em relação às amostras e às medidas de resultados, a análise estatística inadequada em vários estudos, e o número limitado de estudos que avaliam determinada intervenção usando medidas semelhantes, torna difícil tirar uma conclusão sobre a eficácia dessa intervenção.⁽¹²⁾ Um estudo observacional prospectivo de Bischoff et al. demonstrou que a simples implementação da higienização das mãos com álcool pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a adesão à higiene das mãos.⁽³⁵⁾

Como método de educação contínua, a exibição de cartazes com mensagens emolduradas ou mensagens enfatizando os resultados positivos da adesão à higiene das mãos são teoricamente eficazes para motivar os procedimentos de higiene das mãos⁽²⁷⁾ e podem promovê-lo diariamente. Uma análise de série temporal realizada em uma unidade de terapia intensiva neonatal relatou um resultado positivo de mensagens emolduradas de ganho na frequência de eventos de desinfecção das mãos e adesão ao uso de dispositivos eletrônicos em dispensadores de álcool para as mãos.⁽³⁶⁾

Em muitos estudos, uma estratégia multimodal envolvendo *feedback* de dados locais sobre infecções associadas à assistência à saúde e às práticas de higiene das mãos é um elemento essencial para motivar a equipe a melhorar seu desempenho⁽³⁷⁻³⁹⁾ e para sustentar a conformidade com um modelo de responsabilidade compartilhada.⁽⁴⁰⁾ Os estudos de higiene das mãos relatados após a publicação das diretrizes de higiene das mãos de 2009 da Organização Mundial da Saúde até 2014⁽¹⁵⁾ nos levam a concluir que a adoção de uma abordagem multimodal, ou outra estrutura multimodal validada, pode alcançar melhorias leves a modestas na adesão à higiene das

mãos. No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para identificar uma melhor abordagem para influenciar as práticas de higiene das mãos dos profissionais de saúde. Uma estratégia amplamente utilizada envolve o estabelecimento de metas muito altas e talvez inatingíveis (por exemplo, 90-100% de conformidade) e falhas em atender a essas taxas, resultando em escrutínio e, às vezes, penalidades substanciais.⁽³⁶⁾ Punir hospitais que não atingem metas irreais provavelmente será prejudicial para o amplo empreendimento de prevenção de infecções.⁽⁴¹⁾ As instituições hospitalares devem tomar decisões sobre qual abordagem usar para auditoria de higiene das mãos, pois cada uma tem limitações. É muito provável que a presença de observadores realizando a monitorização da higiene das mãos, aumente a sua frequência e resulte em uma maior adesão à higiene das mãos, mas confiar apenas na absorção do produto ou em dispositivos de contagem eletrônica resulta em perda de informações porque eles não fornecem informações sobre o evento de higiene das mãos no contexto da prestação de cuidados.

Outro fator importante a ser considerado na implementação de intervenções de higiene das mãos é o papel dos “campeões” na promoção da adesão. Investigadores da *Veterans Health Administration* (VHA) completaram um estudo etnográfico de 173 profissionais de saúde em 10 destas instalações para definir o papel dos campeões de higiene das mãos. Curiosamente, os campeões identificados eram frequentemente encarregados de medir a conformidade com higiene das mãos, contradizendo suas funções com foco em treinar, educar e promover a conformidade com higiene das mãos. Os pesquisadores sugeriram que os hospitais deveriam definir os “campeões” de forma precisa para evitar papéis concorrentes de vigilância e melhoria de desempenho. Esses tipos de estudos científicos de implementação seriam extremamente importantes à medida que continuamos a definir e desenvolver o futuro da higiene das mãos na área da saúde.

Em outro estudo onde foram definidos agentes de mudança com o intuito de promover a higiene das mãos foi possível demonstrar uma melhoria no comportamento da equipe de saúde relativo à higiene das mãos.⁽²⁸⁾

Observamos que as intervenções que visam a promover a melhoria da aderência à higiene das mãos promovem bons resultados entre os profissionais da saúde envolvidos no cuidado do paciente, conforme revisão sistemática publicada em 2021 especialmente em ambiente de terapia intensiva onde a maioria destes trabalhos foi realizada.⁽⁴²⁾

Um programa de higiene das mãos eficaz para melhorar a conformidade com a higiene das mãos combinaria métodos precisos e econômicos para avaliar a conformidade (em nível de unidade e individual), tornar a conformidade com a higiene das mãos o mais fácil possível, fornecer programas educacionais e sistemas de *feedback* para garantir que os profissionais de saúde compreendam a importância da conformidade, e gerar novas maneiras de usar dados de conformidade para promover um melhor desempenho.^(43,44)

Novos mecanismos de monitorização da higiene das mãos, tendem a ser efetivos aliados a uma abordagem multifatorial para otimizar a aderência à higiene das mãos, podendo reduzir o peso das infecções hospitalares sobre o sistema de saúde.⁽⁴⁵⁻⁴⁷⁾

A aderência aos “Meus Cinco Momentos para Higiene das Mãos” associada ao uso de outras medidas de precaução individual tem papel central na prevenção de infecções hospitalares, inclusive nas respiratórias e podem potencialmente ajudar a prevenir a transmissão de patógenos como o SARS-CoV-2, agente causador da pandemia da COVID-19.^(1,3,48)

Nosso estudo, quando comparado a estudos recentes que abordam a aderência da higiene das mãos, demonstrou que houve um aumento significativo neste quesito, destacando que nosso estudo foi realizado por um período de tempo de 6 meses, quando comparado aos demais, o momento após a exposição aos fluídos aparece como aquele com maior aderência à oportunidade para higiene das mãos.^(49,50)

O desconhecimento sobre a adequada aderência à higiene das mãos, pode ser um fator sobre o comportamento dos profissionais da saúde ao atenderem um paciente, desta forma, políticas de ensino dentro das instituições de saúde devem ter como foco o treinamento para a higiene das mãos e quando realizá-las.⁽⁵¹⁾

O custo da implantação de um sistema de *loop* de *feedback* apesar de não ter sido objeto de nosso estudo, pode ser um obstáculo a sua adoção, contudo, pudemos provar que o seu uso promove uma maior aderência aos “Meus Cinco Momentos para a Higiene das Mãos” pelos profissionais da saúde envolvidos na assistência ao paciente em uma UTI, desta forma caberá aos gestores das instituições de saúde decidirem por adotar práticas e tecnologias que promovam um atendimento mais seguro e de maior qualidade.^(52,53)

Em estudo recente, foi observado que visitantes que entravam em um hospital, superestimaram a quantidade de vezes que realizaram a higiene das mãos,

desta forma nosso sistema poderia ajudar um público leigo e que não conheça os “Meus Cinco Momentos para a Higiene das Mãos”, possibilitando quando em um hospital dotado desta tecnologia ser alertado quando deveria higienizar as mãos em tempo real.⁽⁵⁴⁾

Por fim, entendemos que num futuro, será possível com base em um sistema como o objeto deste estudo, identificarmos e individualizarmos o comportamento humano em diferentes setores de um hospital oferecendo oportunidades de treinamento quando necessário para uma maior aderência à higiene das mãos, contribuindo assim para uma abordagem multifatorial de prevenção às infecções nosocomiais (Anexo 5).^(7,55,56)

4.1 Limitações do estudo

Nosso estudo teve algumas limitações, mas buscamos uma nova abordagem, para comparar diferentes tipos de *feedback* para identificar qual é mais eficaz.⁽¹²⁾ Nosso estudo foi impactado pelo surto de pandemia de COVID-19 no Brasil, quando o acesso à unidade de terapia intensiva era limitado e os pesquisadores não podiam entrar nos quartos para coletar dados.

A cor verde para a luz intermitente em nosso sistema de *loop* de *feedback* aprimorado pode ter sido interpretada por alguns profissionais de saúde como um sinal de “seguir em frente” e não especificamente os alertando para cumprir os protocolos de higiene das mãos.

Em outro estudo realizado e publicado por nosso grupo, tivemos como objetivo monitorar a aderência à higiene das mãos durante 3 anos (2017 a 2020) e observamos que durante o período da COVID-19, a aderência para higiene das mãos não aumentou conforme seria esperado, uma vez que esta prática de prevenção de infecção fora bastante enfatizada durante essa pandemia (Anexo 3).⁽⁵⁷⁾ Um estudo dinamarquês demonstrou resultados similares, atribuindo também a sobrecarga de trabalho enfrentado por estes profissionais como uma potencial causa para a não aderência à higiene das mãos.⁽⁵⁸⁾

Em nosso estudo não houve interferência ou seleção, sobre o perfil de gravidade dos pacientes internados nos leitos de intervenção e nos leitos controle, representando a realidade dos fatos nesta unidade, no entanto, pacientes com quadros

mais ou menos graves, podem demandar diferentes níveis de atenção gerando oportunidades de higiene das mãos em maior ou menor grau.

A adesão à higiene das mãos, separada por categoria profissional por observação direta, não foi contabilizada em nosso estudo, justamente para não inibir esse profissional da saúde, e estimular a utilizar o crachá para interação com o sistema de higiene das mãos. Entendemos que em estudos futuros compreender a aderência às oportunidades para higiene das mãos entre diferentes profissões, possa contribuir para a realização de *feedback* e treinamentos específicos.

5 CONCLUSÃO

1. Um sistema de *feedback* aprimorado conectado a dispositivos invasivos, fornecendo alertas em tempo real aos profissionais de saúde, é eficaz para melhorar a conformidade relacionada às oportunidades de higiene das mãos. As iniciativas de higiene das mãos podem ser desenvolvidas e baseadas em dados coletados pelo nosso sistema, proporcionando um hospital mais seguro, inteligente e econômico. Os desafios potenciais são o uso de crachás e ferramentas de coleta de dados remotos pela equipe. São necessários mais estudos que avaliem as mudanças de comportamento em relação à higiene das mãos e às infecções hospitalares associadas antes e após a instalação de um sistema de *loop* de *feedback*.

6 APRESENTAÇÃO DO ARTIGO

Generoso JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol.* 2022;2(1):e127.

7 MÉTRICAS

7.1 Métricas do periódico

Métricas do periódico nos últimos cinco anos.

7.1.1 Fator de impacto

Periódico: Antimicrobial stewardship & healthcare epidemiology.

ISSN: 2732-494X

Fator de impacto 2021: Sem FI

7.2 Métricas do artigo

7.2.1 Citações

Há 2 citações para o artigo nas bases de dados Scopus, Web of Science e Google Scholar e 0 citações em capítulos de livros.

Citação recebida	Scopus, Web of Science, Google scholar	Capítulo de livro	Total
Casaroto E, Generoso JR, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, Gonçalves P, et al. Comparing human to electronic observers to monitor hand hygiene compliance in na intensive care unit. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2022;2(129):E161.	1		1
Rodríguez Mega E. Coordinating research at one of Latin America's best hospitals. Nature. 2022.	1		1

Avaliação realizada em 4 de novembro de 2022.

7.2.2 Altmertia

Dados altmétricos coletados em 27 de outubro de 2022.

Escore	Variáveis	Quantidade
	Menções em rede	12
	Twitter	8
	Origem das menções	
	United States	3
	United Kingdom	1
	Citações	
	Dimensions	2
	Capítulo de livro	
	Artigo	2
	Leituras	
	Mendeley	2

7.3 Métricas do autor

7.3.1 Redes científicas

Participação do autor nas redes científicas e seus respectivos endereços eletrônicos, onde o autor registra e disponibiliza suas publicações.

Rede científica	Link para acesso ao perfil
Lattes	http://lattes.cnpq.br/3518254870515606
ScopusID	https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57471065600
Publons/ResearcherID	https://www.webofscience.com/wos/author/record/8355401

7.3.2 Trabalhos publicados

Trabalhos publicados e indexados na base de dados referencial Web of Science.

Publicações				
Ano	FI	Categoria	Referência	Citações
2019	2.866	Article	Acar YA, Mehta N, Rich MA, Yilmaz BK, Careskey M, Generoso J , et al. Using standardized checklists increase the completion rate of critical actions in an evacuation from the operating room: a randomized controlled simulation study. Prehosp Disaster Med. 2019;34(4):393-400.	2
2022	4.303	Brief report	Casaroto E, Generoso JR , Tofaneto BM, Bariani LM, Auler MA, Xavier N, et al. Hand hygiene performance in an intensive care unit before and during the COVID-19 pandemic. Am J Infect Control. 2022;50(5):585-7.	0
2006	1.585	Meeting abstract	Generoso JR , Gomes AR, Medina WL, Miura IM, Harada LM. Dyslipidemia in diabetic nephropathy: lipidic profile in renal chronic disease patients. Atherosclerosis Supplements. 2006;7(3):520.	0
2017	1.833	Meeting Abstract	Mehta N, Acar YA, Rich MA, Caresky M, Generoso JR , Fidler R, et al. Abstracts to be presented at the 17th Annual International Meeting on Simulation in Healthcare: January 28th - February 1st, 2017 Orlando, FL (vol 11, pg 425, 2016). Simul Healthc. 2017;12(1):65.	0
2016	1.071	Article	Generoso JR , Latoures RE, Acar Y, Miller DS, Ciano M, Sandrei R, et al. Simulation Training in Early Emergency Response (STEER). J Contin Educ Nurs. 2016;47(6):255-65.	7
2016	6.627	Meeting Abstract	Acar YA, Mehta N, Rich M, Careskey M, Generoso JR , Fidler RL, et al. Use of a standardized checklist increases the completion rate of critical actions in disaster evacuation from the operating room: a randomized controlled simulation study. Anesth Analg. 2016;112(3):S-340.	0
2016	Sem FI	Case report	Hirsch J, Generoso JR , Latoures R, Acar Y, Fidler RL. Simulation Manikin modifications for high-fidelity training of advanced airway procedures. A A Case Rep. 2016;6(9):268-71.	0

7.3.3 Mediana do fator de impacto dos trabalhos publicados

Fator de impacto das publicações	Mediana
2.866	1.833
4.303	
1.585	
1.833	
1.071	
6.627	
Sem FI	

7.3.4 Citações recebidas

Publicações x Citações		
Ano	Publicações	Citações
2006	1	0
2016	3	7
2017	1	0
2019	1	2
2022	1	0
Total	7	9

7.3.5 H índice e m quociente

Cálculo do h-index	
Tópicos	Dados
Quantidade de publicações:	7
Soma do número de citações:	9
Artigos que receberam citações:	2
Média de citações por item:	1,28
h-index:	2

Cálculo do m-quociente		
h-index	2	0,4
Número de anos de publicação	5	

Publicações – <i>h-index</i>				
Ano	FI	Categoria	Referência	Citações
2016	1.071	Article	Generoso JR , Latoures RE, Acar Y, Miller DS, Ciano M, Sandrei R, et al. Simulation Training in Early Emergency Response (STEER). J Contin Educ Nurs. 2016; 47(6):255-65.	7
2019	2.866	Article	Acar YA, Mehta N, Rich MA, Yilmaz BK, Careskey M, Generoso J , et al. Using standardized checklists increase the completion rate of critical actions in an evacuation from the operating room: a randomized controlled simulation study. Prehosp Disaster Med. 2019;34(4):393-400.	2
2022	4.303	Brief report	Casaroto E, Generoso JR , Tofaneto BM, Bariani LM, Auler MA, Xavier N, et al. Hand hygiene performance in an intensive care unit before and during the COVID-19 pandemic. Am J Infect Control. 2022;50(5):585-7.	0
2006	1.585	Meeting abstract	Generoso JR , Gomes AR, Medina WL, Miura IM, Harada LM. Dyslipidemia in diabetic nephropathy: lipidic profile in renal chronic disease patients. Atherosclerosis Supplements. 2006;7(3):520.	0
2017	1.833	Meeting Abstract	Mehta N, Acar YA, Rich MA, Caresky M, Generoso JR , Fidler R, et al. Abstracts to be presented at the 17th Annual International Meeting on Simulation in Healthcare: January 28th - February 1st, 2017 Orlando, FL (vol 11, pg 425, 2016). Simul Healthc. 2017;12(1):65.	0
2016	6.627	Meeting Abstract	Acar YA, Mehta N, Rich M, Careskey M, Generoso JR , Fidler RL, et al. Use of a standardized checklist increases the completion rate of critical actions in disaster evacuation from the operating room: a randomized controlled simulation study. Anesth Analg. 2016;112(3):S-340.	0
2016	Sem FI	Case report	Hirsch J, Generoso JR , Latoures R, Acar Y, Fidler RL. Simulation manikin modifications for high-fidelity training of advanced airway procedures. A A Case Rep. 2016;6(9):268-71.	0

8 ANEXOS

Anexo 1. Patente

O estudo ora apresentado, é fruto de uma patente concedida nos Estados Unidos da América (EUA). Vide a seguir o *link* para obter acesso à patente: [US000009679464B220170613 \(storage.googleapis.com\)](https://storage.googleapis.com/US000009679464B220170613).

Anexo 2. Capturas de tela, do aplicativo iScrub, utilizado para o controle das oportunidades de higiene das mãos, realizado pelos observadores humanos

< Back	Location	Edit	< Back	Job Role	Edit
IN WHAT FACILITY WILL YOU BE OBSERVING?			MEDICAL INTENSIVE CARE UNIT: 0 UNSENT OBS.		
Hospital Israelita Albert Einstein >			Physician >		
WHERE WILL YOU BE OBSERVING?			Nurse >		
Surgical Intensive Care Unit >			Consultant >		
Medical Intensive Care Unit >			XRay Tech >		
Hem/Onc Pediatrics >			Phys Ther >		
			Other >		

< Back

Physician





No

Wash

Rub



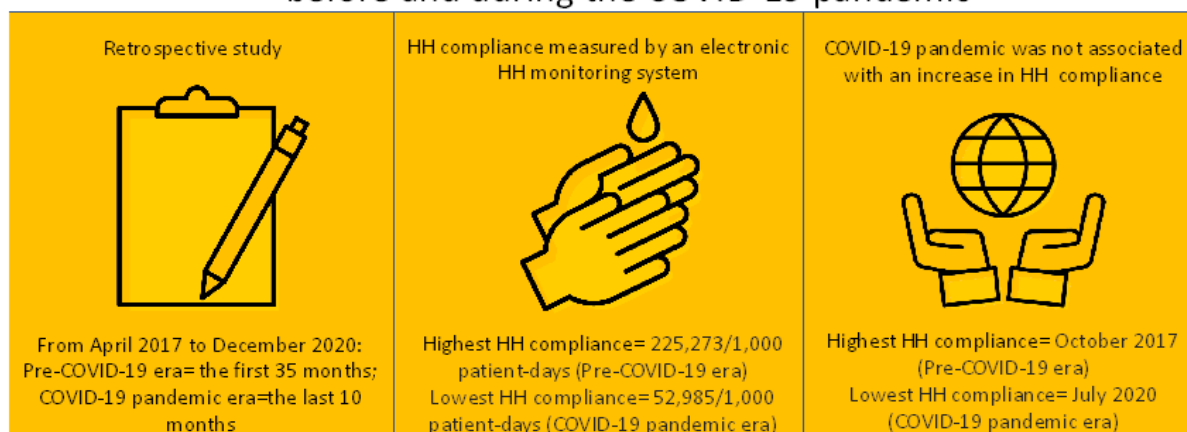




Fonte: iScrub Lite SwipeSense, Inc.

Anexo 3. Performance na realização da higiene das mãos em uma unidade de terapia intensiva antes e durante a pandemia de COVID-19

Hand hygiene (HH) performance in an intensive care unit
before and during the COVID-19 pandemic



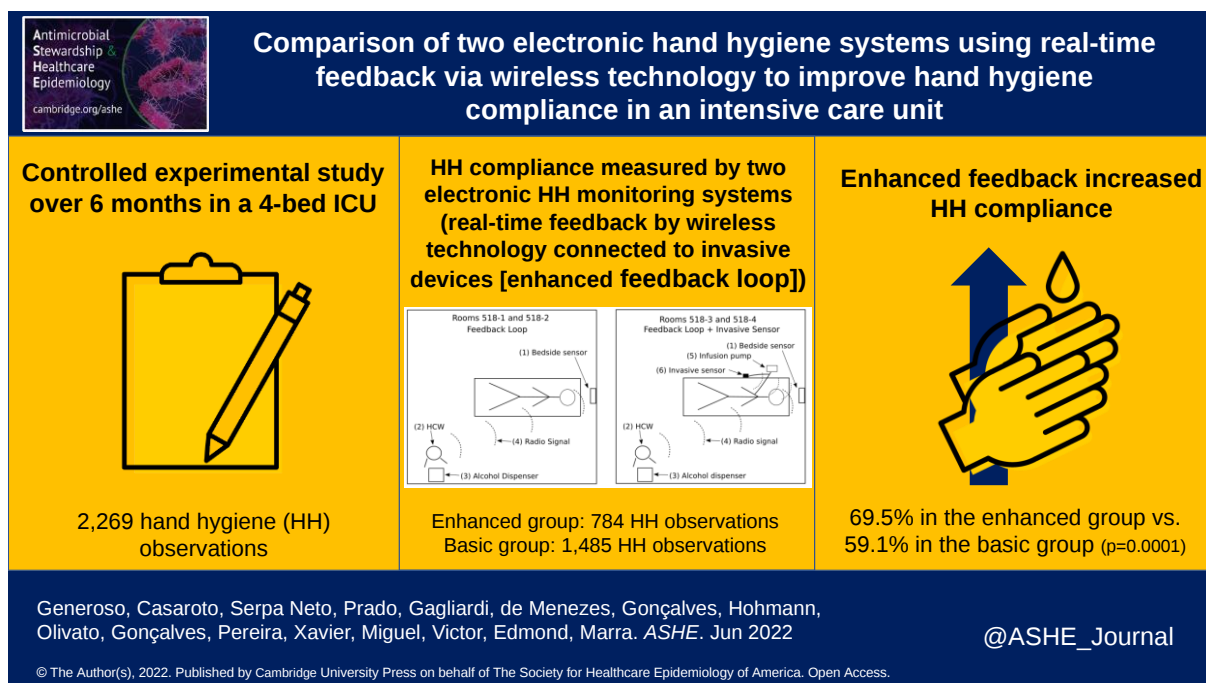
Casaroto, Generoso, Tofaneto, Bariani, Auler, Xavier, Prado, Victor, Kobayashi, Edmond, de Menezes, Marra. *Am J Infect Control*. Jan 2022



© 2022 Published by Elsevier Inc. on behalf of Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc.

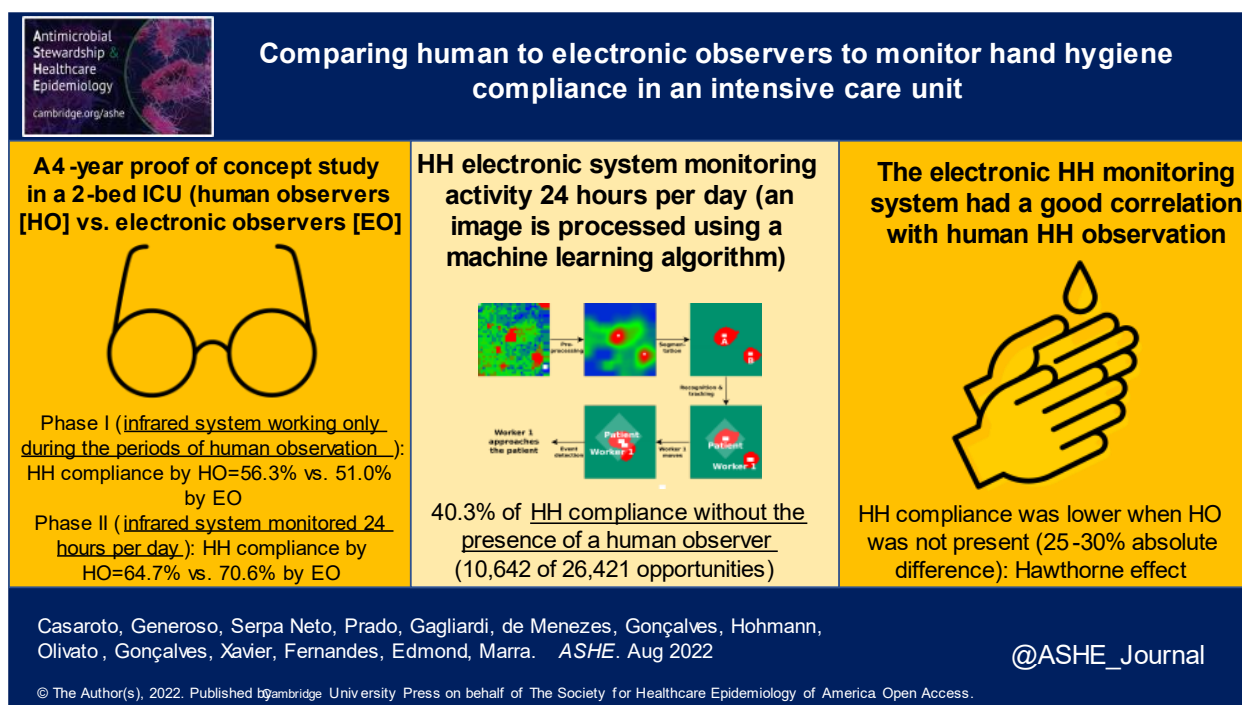
Fonte: Casaroto E, Generoso JR, Tofaneto BM, Bariani LM, Auler MA, Xavier N, et al. Hand hygiene performance in an intensive care unit before and during the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control*. 2022;50(5):585-7.⁽⁵⁷⁾

Anexo 4. Comparação de dois sistemas eletrônicos de higiene das mãos usando *feedback* em tempo real via tecnologia sem fio para melhorar a adesão à higiene das mãos em uma unidade de terapia intensiva



Fonte: Adaptado de Generoso Júnior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol*. 2022;2:e27,1-6. Fig. 2. Differences between the devices installed in the ICU rooms; p. 3.⁽²⁵⁾

Anexo 5. Comparação entre observadores humanos e eletrônicos para monitorar a adesão à higiene das mãos em uma unidade de terapia intensiva



Fonte: Adaptado de Casaroto E, Generoso Júnior JR, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparing human to electronic observers to monitor hand hygiene compliance in an intensive care unit. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2022;2(1):e161, 1-6. Fig. 3. Process used to identify physical contact events using machine learning image segmentation (phase 2); p. 4.⁽⁵⁵⁾

9 REFERÊNCIAS

1. Lotfinejad N, Peters A, Tartari E, Fankhauser-Rodriguez C, Pires D, Pittet D. Hand hygiene in health care: 20 years of ongoing advances and perspectives. *Lancet Infect Dis.* 2021;21(8):e209-21. Erratum in: *Lancet Infect Dis.* 2021;21(10):e302.
2. Zoltan I. Ignaz Semmelweis: Hungarian physician. *Britannica*; 2022 [cited 2022 Maio 21]. Available from: <https://www.britannica.com/biography/ignaz-semmelweis>
3. Vermeil T, Peters A, Kilpatrick C, Pires D, Allegranzi B, Pittet D. Hand hygiene in hospitals: anatomy of a revolution. *J Hosp Infect.* 2019;101(4):383-92.
4. Boyce JM, Pittet D; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Society for Healthcare Epidemiology of America. Association for Professionals in Infection Control. Infectious Diseases Society of America. Hand Hygiene Task Force. Guideline for hand hygiene in health-care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2002;23(12 Suppl):S3-40.
5. Van Dalen R, Gombert K, Bhattacharya S, Datta SS. Mind the mind: results of a hand-hygiene research in a state-of-the-art cancer hospital. *Indian J Med Microbiol.* 2013;31(3):280-2.
6. Wang X, Pan Z, Cheng Z. Association between 2019-nCoV transmission and N95 respirator use. *J Hosp Infect.* 2020;105(1):104-5.
7. Stadler RN, Tschudin-Sutter S. What is new with hand hygiene? *Curr Opin Infect Dis.* 2020;33(4):327-32.
8. Sistema Infectrack. São Carlos: i-HealthSys©; 2018 [citado 2022 Ago 1]. Disponível em: <https://i-healthsys.com.br/sistema>
9. Kirkland KB, Homa KA, Lasky RA, Ptak JA, Taylor EA, Splaine ME. Impact of a hospital-wide hand hygiene initiative on healthcare-associated infections: results of an interrupted time series. *BMJ Qual Saf.* 2012;21(12):1019-26.
10. Boyce JM, Pittet D; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee; HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HIPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Am J Infect Control.* 2002;30(8):S1-46.
11. O'Hara LM, Blanco N, Leekha S, Stafford KA, Slobogean GP, Ludeman E, Harris AD; CDC Prevention Epicenters Program. Design, implementation, and analysis considerations for cluster-randomized trials in infection control and hospital epidemiology: a systematic review. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2019;40(6):686-92.
12. Gould DJ, Moralejo D, Drey N, Chudleigh JH, Taljaard M. Interventions to improve hand hygiene compliance in patient care. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;9(9):CD005186.
13. Harris AD, Bradham DD, Baumgarten M, Zuckerman IH, Fink JC, Perencevich EN. The use and interpretation of quasi-experimental studies in infectious diseases. *Clin Infect Dis.* 2004;38(11):1586-91.
14. Bittner MJ, Rich EC, Turner PD, Arnold WH Jr. Limited impact of sustained simple feedback based on soap and paper towel consumption on the frequency of hand washing in an adult intensive care unit. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2002;23(3):120-6.
15. WHO guidelines on hand hygiene in health care: first global patient safety challenge clean care is safer care. Geneva: World Health Organization; 2009. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK144013/>

16. Marra AR, Moura DF Jr, Paes AT, dos Santos OF, Edmond MB. Measuring rates of hand hygiene adherence in the intensive care setting: a comparative study of direct observation, product usage, and electronic counting devices. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(8):796-801.
17. Kohli E, Ptak J, Smith R, Taylor E, Talbot EA, Kirkland KB. Variability in the Hawthorne effect with regard to hand hygiene performance in high- and low-performing inpatient care units. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2009;30(3):222-5.
18. O.Filho MA, Marra AR, Magnus TP, Rodrigues RD, Prado M, de Souza Santini TR, et al. Comparison of human and electronic observation for the measurement of compliance with hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2014;42(11):1188-92.
19. Meng M, Sorber M, Herzog A, Igel C, Kugler C. Technological innovations in infection control: a rapid review of the acceptance of behavior monitoring systems and their contribution to the improvement of hand hygiene. *Am J Infect Control*. 2019;47(4):439-447.
20. Marra AR, D'Arco C, Bravim BA, Martino MD, Correa L, Silva CV, et al. Controlled trial measuring the effect of a feedback intervention on hand hygiene compliance in a step-down unit. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2008;29(8):730-5.
21. Marra AR, Sampaio Camargo TZ, Magnus TP, Blaya RP, Dos Santos GB, Guastelli LR, et al. The use of real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance. *Am J Infect Control*. 2014;42(6):608-11.
22. McAteer J, Stone S, Fuller C, Charlett A, Cookson B, Slade R, Michie S; NOSEC/FIT group. Development of an observational measure of healthcare worker hand-hygiene behaviour: the hand-hygiene observation tool (HHOT). *J Hosp Infect*. 2008;68(3):222-9.
23. Hlady CS, Severson MA, Segre AM, Polgreen PM. A mobile handheld computing application for recording hand hygiene observations. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(9):975-7.
24. Simmonds B, Granado-Villar D. Utility of an electronic monitoring and reminder system for enhancing hand hygiene practices in a pediatric oncology unit [abstract]. *Am J Infect Control*. 2011;39(5):E96-7.
25. Generoso Júnior JR, Casaroto E, Serpa Neto A, et al. Comparison of two electronic hand hygiene systems using real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrobial Stewardship Healthcare Epidemiology*. 2022;2(1):e27.
26. Casaroto E. Utilização de sensores infravermelhos para monitorização da higiene das mãos [tese]. São Paulo: Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein; 2022. Figura 2. Sistema de feedback loop em tempo real; p. 12.
27. Jenner EA, Jones F, Fletcher BC, Miller L, Scott GM. Hand hygiene posters: motivators or mixed messages? *J Hosp Infect*. 2005;60(3):218-25.
28. Lee YF, McLaws ML, Ong LM, Amir Husin S, Chua HH, Wong SY, et al. Hand hygiene promotion delivered by change agents-two attitudes, similar outcome. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;41(3):273-79.
29. Armellino D, Hussain E, Schilling ME, Senicola W, Eichorn A, Dlugacz Y, et al. Using high-technology to enforce low-technology safety measures: the use of third-party remote video auditing and real-time feedback in healthcare. *Clin Infect Dis*. 2012;54(1):1-7.
30. Fisher DA, Seetoh T, Oh May-Lin H, Viswanathan S, Toh Y, Yin WC, et al. Automated measures of hand hygiene compliance among healthcare workers using ultrasound: validation and a randomized controlled trial. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(9):919-28.

31. Fuller C, Michie S, Savage J, McAteer J, Besser S, Charlett A, et al. The feedback intervention trial (FIT)--improving hand-hygiene compliance in UK healthcare workers: a stepped wedge cluster randomised controlled trial. *PLoS One*. 2012;7(10):e41617.
32. Moghnieh R, Soboh R, Abdallah D, El-Helou M, Al Hassan S, Ajjour L, et al. Health care workers' compliance to the My 5 Moments for Hand Hygiene: comparison of 2 interventional methods. *Am J Infect Control*. 2017;45(1):89-91.
33. Stewardson AJ, Sax H, Gayet-Ageron A, Touveneau S, Longtin Y, Zingg W, et al. Enhanced performance feedback and patient participation to improve hand hygiene compliance of health-care workers in the setting of established multimodal promotion: a single-centre, cluster randomised controlled trial. *Lancet Infect Dis*. 2016;16(12):1345-55.
34. Talbot TR, Johnson JG, Fergus C, Domenico JH, Schaffner W, Daniels TL, et al. Sustained improvement in hand hygiene adherence: utilizing shared accountability and financial incentives. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(11):1129-36.
35. Bischoff WE, Reynolds TM, Sessler CN, Edmond MB, Wenzel RP. Handwashing compliance by health care workers: the impact of introducing an accessible, alcohol-based hand antiseptic. *Arch Intern Med*. 2000;160(7):1017-21.
36. Helder OK, Weggelaar AM, Waarsenburg DC, Looman CW, van Goudoever JB, Brug J, et al. Computer screen saver hand hygiene information curbs a negative trend in hand hygiene behavior. *Am J Infect Control*. 2012;40(10):951-4.
37. Allegranzi B, Gayet-Ageron A, Damani N, Bengaly L, McLaws ML, Moro ML, et al. Global implementation of WHO's multimodal strategy for improvement of hand hygiene: a quasi-experimental study. *Lancet Infect Dis*. 2013;13(10):843-51.
- 38 Sax H, Allegranzi B, Chraïti MN, Boyce J, Larson E, Pittet D. The World Health Organization hand hygiene observation method. *Am J Infect Control*. 2009;37(10):827-34.
39. World Health Organization. A guide to the implementation of the WHO multimodal hand hygiene improvement strategy. World Health Organization. Geneva: World Health Organization; 2009 [cited 2022 Aug 12]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70030>
40. Mahida N. Hand hygiene compliance: are we kidding ourselves? *J Hosp Infect*. 2016;92(4):307-8.
41. Dixon-Woods M, Perencevich EN. When counting central line infections counts. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2013;34(6):555-7.
42. Clancy C, Delungahawatta T, Dunne CP. Hand-hygiene-related clinical trials reported between 2014 and 2020: a comprehensive systematic review. *J Hosp Infect*. 2021;111:6-26. Erratum in: *J Hosp Infect*. 2021;117:194-196.
43. Goedken CC, Livorsi DJ, Sauder M, Vander Weg MW, Chasco EE, Chang NC, et al. "The role as a champion is to not only monitor but to speak out and to educate": the contradictory roles of hand hygiene champions. *Implement Sci*. 2019;14(1):110.
44. Goetz T. The mental machine. *Wired*; 2011:126.
45. Marra AR, Edmond MB. Hand hygiene: state-of-the-art review with emphasis on new technologies and mechanisms of surveillance. *Curr Infect Dis Rep*. 2012;14(6):585-91.
46. World Health Organization. Report on the burden of endemic health care associated infection worldwide: a systematic review of the literature. Geneva: World Health Organization; 2011.
47. Polgreen PM, Hlady CS, Severson MA, Segre AM, Herman T. Method for automated monitoring of hand hygiene adherence without radio-frequency identification. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2010;31(12):1294-7.

48. Seto WH, Tsang D, Yung RW, Ching TY, Ng TK, Ho M, et al.; Advisors of Expert SARS group of Hospital Authority. Effectiveness of precautions against droplets and contact in prevention of nosocomial transmission of severe acute respiratory syndrome (SARS). *Lancet*. 2003;361(9368):1519-20.
49. Lambe KA, Lydon S, Madden C, Vellinga A, Hehir A, Walsh M, et al. Hand hygiene compliance in the ICU: a systematic review. *Crit Care Med*. 2019;47(9):1251-7.
50. Chang NN, Reisinger HS, Schweizer ML, Jones I, Chrischilles E, Chorazy M, et al. Hand hygiene compliance at critical points of care. *Clin Infect Dis*. 2021;72(5):814-20.
51. Novák M, Breznický J, Kompaníková J, Malinovská N, Hudečková H. Impact of hand hygiene knowledge on the hand hygiene compliance. *Med Glas (Zenica)*. 2020;17(1):194-9.
52. Hillier MD. Using effective hand hygiene practice to prevent and control infection. *Nurs Stand*. 2020;35(5):45-50.
53. Fernando SA, Gray TJ, Gottlieb T. Healthcare-acquired infections: prevention strategies. *Intern Med J*. 2017;47(12):1341-51.
54. Gaube S, Schneider-Brachert W, Holzmann T, Fischer P, Lermer E. Utilizing behavioral theories to explain hospital visitors' observed hand hygiene behavior. *Am J Infect Control*. 2021;49(7):912-18.
55. Casaroto E, Generoso Júnior JR, Serpa Neto A, Prado M, Gagliardi GM, Menezes FG, et al. Comparing human to electronic observers to monitor hand hygiene compliance in an intensive care unit. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol*. 2022;2(1):e161, 1-6.
56. King D, Vlaev I, Everett-Thomas R, Fitzpatrick M, Darzi A, Birnbaum DJ. "Priming" hand hygiene compliance in clinical environments. *Health Psychol*. 2016;35(1):96-101.
57. Casaroto E, Generoso JR, Tofaneto BM, Bariani LM, Auler MA, Xavier N, et al. Hand hygiene performance in an intensive care unit before and during the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control*. 2022;50(5):585-7.
58. Sandbøl SG, Glassou EN, Ellermann-Eriksen S, Haagerup A. Hand hygiene compliance among healthcare workers before and during the COVID-19 pandemic. *Am J Infect Control*. 2022;50(7):719-23.

Abstract

Introduction: Most of the hand hygiene intervention studies use a quasi-experimental design, primarily uncontrolled before and after studies or controlled before and after studies with a nonequivalent control group. There is a need for well-funded studies with improved designs and hand hygiene interventions. **Purpose:** To evaluate healthcare worker hand hygiene compliance with alcohol-based hand rub, through direct observation (human observer), and two electronic technologies, a radio frequency identification badge system and an invasive device sensor. **Methods:** In our controlled experimental study, 2,269 observations were made over a 6-month period from July 1 to December 30, 2020, in a 4-bed Intensive Care Unit. Hand hygiene compliance was compared between a basic feedback loop system with radio frequency identification badges and an enhanced feedback loop system that utilized sensors on invasive devices. **Results:** We demonstrated that the use of real-time feedback by wireless technology connected to a patient's invasive device (enhanced feedback loop) resulted in a significant increase in hand hygiene compliance (69.5% in the enhanced group *versus* 59.1% in the basic group, $p=0.0001$). **Conclusion:** An enhanced feedback loop system connected to invasive devices, providing real-time alerts to healthcare workers is effective in improving hand hygiene compliance.

Keywords: Hand hygiene; Automation; Quality improvement; Intensive care units; Observation; Radio frequency identification device; Infections control