

# Custo-efetividade de bombas de infusão para a redução de erros em uma UTI Pediátrica

*Cost-effectiveness of infusion pumps to reduce errors in a Pediatric ICU*

*El costo-efectividad de bombas de infusión para la reducción de errores en una UTI Pediátrica*

**Roberto Carlos Lyra da Silva<sup>I</sup>**

ORCID: 0000-0001-9416-9525

**Thiago QuinellatoLouro<sup>II</sup>**

ORCID:0000-0001-8371-628X

**Antônio Augusto de Freitas Peregrino<sup>III</sup>**

ORCID: 0000-0002-6617-480X

**Carlos Roberto Lyra da Silva<sup>I</sup>**

ORCID:0000-0002-4327-6272

**Cristiano Bertolossi Marta<sup>III</sup>**

ORCID:0000-0002-0635-7970

**Alexander Itria<sup>IV</sup>**

ORCID:0000-0001-7500-0230

<sup>I</sup>Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.  
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>II</sup>Universidade Federal Fluminense.  
Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>III</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro.  
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>IV</sup>Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil.

## Como citar este artigo:

Silva RCL, Louro TQ, Peregrino AAF, Silva CRL, Marta CB, Itria A. Cost-effectiveness of infusion pumps to reduce errors in a Pediatric ICU. Rev Bras Enferm. 2019;72(3):617-23. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0526>

## Autor Correspondente:

Roberto Carlos Lyra da Silva  
E-mail: [prolyra@gmail.com](mailto:prolyra@gmail.com)



**Submissão:** 13-07-2018 **Aprovação:** 20-02-2019

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar o custo-efetividade e calcular a razão de custo-efetividade incremental do uso de bombas de infusão com biblioteca de fármacos para reduzir erros na administração de medicamento pela via intravenosa, em pacientes pediátricos e neonatais em Unidades de Terapia Intensiva. **Método:** Modelagem matemática para análise econômica, do tipo árvore de decisão. O caso-base foi composto pelos cenários de referência e alternativo. A população alvo foram pacientes neonatos e pediátricos internados em Unidades de Terapia Intensiva pediátrica e neonatal, compondo uma coorte de 15.034 pacientes. A estimativa de custos foi baseada nas abordagens *bottom-up* e *top-down*. **Resultados:** A árvore de decisão, após *RollBack*, mostrou que a bomba de infusão com biblioteca de fármacos pode ser a melhor estratégia para evitar erros na administração de medicamentos intravenosos. **Conclusão:** A análise revelou que a bomba convencional, embora tenha o menor custo, tem também menor efetividade.

**Descritores:** Enfermagem; Avaliação da Tecnologia Biomédica; Análise Custo-Benefício; Preparações Farmacêuticas; Efeitos Colaterais e Reações Adversas Relacionados a Medicamentos.

## ABSTRACT

**Objective:** To analyze cost-effectiveness and to calculate incremental cost-effectiveness ratio of the use of infusion pumps with drug library to reduce errors in intravenous drug administration in pediatric and neonatal patients in Intensive Care Units. **Methods:** Mathematical modeling for economic analysis of the decision tree type. The base case was composed of reference and alternative settings. The target population was neonates and pediatric patients hospitalized in Pediatric and Neonatal Intensive Care Units, comprising a cohort of 15,034 patients. The cost estimate was based on the bottom-up and top-down approaches. **Results:** The decision tree, after *RollBack*, showed that the infusion pump with drug library may be the best strategy to avoid errors in intravenous drugs administration. **Conclusion:** The analysis revealed that the conventional pump, although it has the lowest cost, also has lower effectiveness.

**Descriptors:** Nursing; Technology Assessment, Biomedical; Cost-Benefit Analysis; Pharmaceutical Preparations; Drug-Related Side Effects and Adverse Reactions.

## RESUMEN

**Objetivo:** Analizar el costo-efectividad y calcular la razón de costo-efectividad incremental del uso de bombas de infusión con una biblioteca de fármacos para reducir errores en la administración de medicamentos por vía intravenosa, en pacientes pediátricos y neonatales en unidades de terapia intensiva. **Método:** Modelaje matemático para el análisis económico, del tipo árbol de decisión. El caso base se compone de escenarios de referencia y alternativo. La población objetivo fueron pacientes neonatos y pediátricos internados en unidades de terapia intensiva pediátrica y neonatal, componiendo una coorte de 15.034 pacientes. La estimación de costos se basó en los enfoques *bottom-up* y *top-down*. **Resultados:** El árbol de decisión, después de *Roll Back*, mostró que la bomba de infusión con biblioteca de fármacos puede ser la mejor estrategia para evitar errores en la administración de medicamentos intravenosos. **Conclusión:** El análisis reveló que la bomba convencional, aunque tiene el menor costo, tiene también menor efectividad.

**Descriptores:** Enfermería; Evaluación de la Tecnología Biomédica; Análisis Costo-Beneficio; Preparaciones Farmacéuticas; Efectos Colaterales y Reacciones Adversas Relacionadas con los Medicamentos.

## INTRODUÇÃO

A administração de medicamentos é uma das intervenções mais comumente utilizadas na prática clínica. Os medicamentos são usados rotineiramente no contexto hospitalar, considerando suas diversas indicações. No entanto, seu uso oferece diversos riscos, especialmente quando não são utilizados da maneira adequada<sup>(1)</sup>.

Cabe destacar que o processo de medicação é interdisciplinar e a Enfermagem participa das fases de preparo, administração e monitoramento do paciente e, por esse motivo, é apontada como a categoria que tem capacidade de interceptar os erros<sup>(2)</sup>.

A administração de medicamentos injetáveis é uma das atividades de maior importância e uma das mais críticas em uma Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica - (UTIP), unidade cuja clientela está na faixa etária de 29 dias a 18 anos de vida incompletos, motivo pelo qual o volume administrado, bem como a velocidade de infusão, varia bastante em função da idade e do peso dos pacientes.

Da mesma forma, o tipo de bomba utilizada para a infusão também pode variar. Não raramente, para medicamentos injetáveis com volumes até 60ml, opta-se por bombas infusoras de seringa e, para aqueles superiores a 60 ml, a melhor opção é a utilização de bombas de infusão peristálticas lineares (dedilhamento).

Por essa razão, a administração de medicamentos injetáveis nessas unidades requer o envolvimento direto do enfermeiro e a utilização de bombas de infusão de alta precisão, o que pode aumentar a precisão da infusão.

Erros em infusões venosas administradas por bombas infusoras são relatados por profissionais de enfermagem, tanto que, em um estudo acerca de lapsos, deslizes e enganos no uso de equipamentos em Unidades de Terapia Intensiva, foi revelado um conjunto de situações em que ocorreram erros que comprometem a segurança do paciente. Dentre estes, aqueles que envolviam as bombas infusoras (BI) tiveram destaque nos depoimentos, em decorrência da frequência em que ocorrem<sup>(3)</sup>.

Qualquer erro no processo de administração de medicamentos pode acarretar o que se convencionou chamar de erro de medicamento. Em geral, a incidência de eventos adversos evitáveis, como aqueles relacionados aos erros de medicação, é alta e sua gravidade é maior que nos eventos adversos não evitáveis<sup>(4)</sup>.

Pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva, pediátrica ou neonatal, estão entre os mais vulneráveis. A prematuridade, gravidade da doença, os mecanismos compensatórios limitados e o tempo prolongado de hospitalização aumentam o risco de morte, cuja taxa pode variar entre 6,94% e 17,6%. Há exposição a erros de medicamentos, especialmente na administração<sup>(5)</sup>.

Pacientes pediátricos e neonatos podem receber, por dia na UTIP, de 15 a 20 medicações endovenosas por meio de bombas de infusão, e a gravidade poderia, inclusive, ser considerada uma justificativa para prescrever e usar medicamentos *off-label*, invocando a relação risco/benefício. Portanto, isso reforça a necessidade de avaliar essa condição, levando-se em conta o potencial risco de sequelas associadas à administração desses medicamentos, cuja prevalência pode chegar a 40%<sup>(6)</sup>.

Os erros que ocorrem na fase de administração são os mais difíceis de serem interceptados e seu impacto depende da via de administração, do tipo de fármaco e das características do paciente<sup>(7)</sup>.

Portanto, assegurar maior segurança no manuseio de medicamentos injetáveis com uma janela terapêutica estreita, administrados intravenosamente a pacientes pediátricos criticamente doentes, deve ser uma prioridade.

Nos últimos cinco anos, o *Emergency Care Research Institute* (ECRI) vem apontando os erros de administração de medicamentos envolvendo o uso de bombas de infusão, em sua lista de TOP 10 dos perigos das tecnologias em Saúde. Para o ano de 2017, o ECRI alerta, no topo de sua lista, que os erros de infusão podem ser mortais se etapas simples de segurança forem ignoradas, em que pese o fato de se estar utilizando bombas de infusão<sup>(8)</sup>.

Estudos revelam dados alarmantes acerca dos problemas relacionados à administração de medicamentos em UTIP. Estima-se que 74% dos pacientes internados nessas unidades sofreram algum tipo de incidente, 84% sofreram eventos adversos (EA), e que 66% dos erros ocorridos estavam relacionados a medicamentos, dos quais 38% foram devidos a erros de dosagem, seguidos de erros de omissão e administração<sup>(9)</sup>.

A mortalidade associada aos eventos adversos medicamentosos ainda não está muito bem documentada na literatura. Não existem dados nacionais a esse respeito. Estima-se que a probabilidade de sequelas permanentes e mortes de pacientes em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN), provocadas por eventos adversos, seja de 0,6%. A UTIN pode ser caracterizada como uma unidade que recebe pacientes com menos de 29 dias de vida<sup>(10)</sup>.

No que tange à magnitude financeira e ao tempo de internação referente ao evento adverso, outro estudo identificou que o valor gasto com as internações hospitalares é 200,5% maior na ocorrência de eventos do que nas internações sem eventos, além do tempo de internação ser, em média, 28,3 dias a mais<sup>(11)</sup>.

Por essas razões, uma série de ações tem sido proposta para reduzir os erros na administração venosa de medicamentos e os custos dos eventos adversos associados ao longo da última década. Equipamentos estão sendo normatizados, a exemplo do que tem sido feito com as concentrações de drogas<sup>(12)</sup>.

No Brasil, bombas de infusão inteligentes (*smart pumps*), com software de redução de erros de dose (biblioteca de fármacos), estão sendo disponibilizadas no mercado e recomendadas como uma alternativa para a redução dos erros na administração de medicamentos injetáveis nas Unidades de Terapia Intensiva.

Contudo, a incorporação dessa tecnologia à infusão automatizada de medicamentos injetáveis nos serviços de saúde ainda tem esbarrado em dois grandes problemas: as incertezas quanto a sua efetividade na redução da taxa de eventos adversos medicamentosos, relacionados à redução dos erros de dose durante as infusões; e o elevado custo de seus insumos.

Com base no exposto, a questão estruturada de pesquisa é: a bomba de infusão com biblioteca de fármacos comparada à bomba de infusão convencional tem bom custo efetivo para reduzir taxas de evento adverso medicamentoso (EAM) durante a administração de medicamentos intravenoso em pacientes pediátricos e neonatais em Unidades de Terapia Intensiva?

## OBJETIVO

Analisar o custo-efetividade e calcular a razão de custo-efetividade incremental (ICER) do uso de bombas de infusão com biblioteca de

fármacos para a reduzir EAM durante a administração de medicamentos pela via intravenosa em pacientes pediátricos e neonatais em Unidades de Terapia Intensiva.

## MÉTODOS

### Aspectos éticos

Trata-se de um estudo de Avaliação de Tecnologias em Saúde (ATS) que pode ser entendido como uma forma abrangente de pesquisar as consequências técnicas (quase sempre clínicas), econômicas e sociais, de curto e longo prazo, da utilização das tecnologias em Saúde, bem como de seus efeitos diretos e indiretos, tanto desejáveis quanto indesejáveis<sup>(13)</sup>.

Foi delineado como uma modelagem matemática para análise econômica, do tipo árvore de decisão, e seguiu as recomendações da Diretriz Metodológica de Avaliação Econômica<sup>(14)</sup> do Ministério da Saúde do Brasil. Dessa forma, cabe ressaltar que o manuscrito dispensa a apresentação do Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.

### Desenho, local do estudo e período

Considerando serem utilizados cenários de modelagem matemática, o caso-base foi composto por dois cenários: o de referência, utilizando bombas de infusão convencionais, sem biblioteca de fármacos; e um alternativo, utilizando bombas de infusão com bibliotecas de fármacos. Na concepção do modelo, a problemática do estudo tem início com a possibilidade de evitar EAM durante a administração de medicações injetáveis pela via intravenosa com volumes superiores a 60ml, utilizando bombas de infusão volumétricas peristálticas.

No cenário de referência, utilizou-se a bomba de infusão do tipo peristáltica volumétrica e, no cenário alternativo, bombas de infusão com bibliotecas de fármacos, substituindo as bombas de infusão convencionais.

Considerou-se, na modelagem, que a bomba de infusão utilizada no cenário de referência é mono canal, cujos equipos para infusão são substituídos a cada 72 horas de uso e, no cenário alternativo, a bomba de infusão com biblioteca de fármacos, mono canal, cujos equipos para infusão são substituídos a cada 96 horas de uso, segundo a recomendação do próprio fabricante.

Em ambos os cenários, diferentes probabilidades de interceptar erros e evitar EAM são esperadas. Quando esses erros não são interceptados e os EAM ocorrem, podem resultar, dependendo de sua gravidade, prolongamento do tempo de internação ou na morte do paciente.

### População ou amostra; critérios de inclusão e exclusão

A população alvo foram pacientes neonatos e pediátricos internados em Unidades de Terapia Intensiva pediátrica e neonatal. A população foi estimada pelo método epidemiológico, considerando o número de pacientes internados nos hospitais da rede pública de saúde, vinculados à Secretaria Estadual de Saúde (SES) do estado do Rio de Janeiro, no ano de 2015, compondo um coorte de 15.034 pacientes. Considerando o método utilizado, critérios de inclusão e exclusão não são utilizados.

## Protocolo do estudo

Os seguintes pressupostos foram assumidos e incorporados ao modelo:

1. A média de permanência na Unidade de Terapia Intensiva é de 19,61 dias, variando entre 18,88 e 20,92 dias de internação (SES-RJ);
2. Os equipos para infusões utilizando bombas convencionais são trocados a cada 72h; e utilizando bombas com biblioteca de fármacos, a cada 96h (recomendação do fabricante das bombas);
3. A quantidade média de bombas de infusão necessária para atender a demanda de medicamentos injetáveis na unidade é de 3 bombas para cada paciente/dia (arbitrário);
4. A disposição de pagar (*Willingness to Pay* – WTP) foi estimada em 1 PIB Per capita R\$ 28.105,41, considerando o ano de 2016 (PIB Per capita de USD 8,649.95) e a cotação do dólar em 29/12/2016 que foi de R\$ 3,2492;
5. De 14% a 38% dos pacientes internados em uma UTI sofrerão eventos adversos relacionados a erros de dose de medicamentos, resultando no prolongamento do tempo de internação<sup>(9)</sup>;
6. A taxa média de eventos adversos graves de medicação é de 0,023, variando entre 0,022 e 0,024<sup>(15)</sup>;
7. Na ocorrência de eventos adversos medicamentosos graves, a internação na unidade pode se prolongar de 17 a 28,3 dias<sup>(11)</sup>;
8. A probabilidade de morte de pacientes na Unidade de Terapia Intensiva, provocadas por eventos adversos medicamentosos, é de 0,6%<sup>(10)</sup>;
9. A utilização de bomba de infusão convencional pode evitar eventos adversos medicamentosos relacionado ao erro de dose de 62% a 86% das infusões de medicamentos injetáveis pela via intravenosa em Unidade de Terapia Intensiva, e as bombas de infusão com biblioteca de fármacos, de 79% a 90%<sup>(9,15)</sup>.

## Análise dos resultados e estatística

A perspectiva da análise foi a do Sistema Único de Saúde. Foi considerado o tempo médio de 19,61 dias de permanência desses pacientes na Unidade de Terapia Intensiva, sendo este o horizonte temporal do estudo. O método utilizado para a estimativa de custos foi baseado nas abordagens *bottom-up* ou microcusteio e *top-down* ou macrocusteio. Não foram aplicadas taxas de desconto ou de inflação, considerando o curto horizonte temporal.

As incertezas do modelo foram tratadas pela análise de sensibilidade probabilística, a partir da realização de simulações de Monte Carlo, considerando as variáveis de custo. A elas, foram atribuídas distribuições Gama e as variáveis de probabilidade. Essas variáveis incluíram a efetividade, para as quais foram atribuídas distribuições Beta. O  $\alpha$  (alfa) e o  $\beta$  (beta) das distribuições Beta e o  $\alpha$  e o  $\lambda$  (lambda) das distribuições Gama foram estimados a partir das médias e dos desvios padrões das variáveis utilizadas nas análises.

O *Software TreeAge*<sup>®</sup> foi utilizado para a construção do Modelo de Árvore de Decisão para a análise de custo-efetividade, conforme a Figura 1. Optou-se pela árvore de decisão, considerando

o curto horizonte temporal da análise (19,61 dias); foi previsto que o modelo funcionará adequadamente com o grupo da população do estudo (pacientes pediátricos e neonatos internados em Unidade de Terapia Intensiva), expostos a erros e EAM durante a administração de medicamentos pela via intravenosa por bombas de infusão e o tempo disponível para a análise e conclusão do estudo.

Os custos anuais por cenários foram estimados a partir de uma revisão de literatura. Foram considerados somente os custos médicos diretos, referentes ao “pacote terapêutico”, constituído pelos custos com as diárias de internação no leito de terapia intensiva (macrocusteio); os custos referentes aos equipamentos necessários para cada uma das bombas de infusão (microcusteio); os custos com os eventos adversos resultantes dos erros com a administração de medicamentos pela via intravenosa (macrocusteio); e os custos com as diárias extras resultantes dos eventos adversos que provocaram a postergação da alta da unidade (macrocusteio).

O custo com a internação no cenário de referência foi estimado entre R\$ 3.002,4 e R\$ 8.893,37, com uma média de R\$ 5.947,885, para aproximadamente 20 dias de permanência (internação). Foi considerado o valor médio por internação em UTI Infantil I, UTI Infantil II, UTI Infantil III, UTI Neonatal I, UTI Neonatal II, UTI Neonatal III nas internações hospitalares (aprovadas) efetuadas no estado do Rio de Janeiro no ano de 2016. No pacote terapêutico foram acrescidos mais R\$ 434,00, referentes ao custo com 20 equipamentos de bombas de infusão convencional, necessários para atender a demanda de infusões durante o período de internação.

No cenário alternativo, utilizando bombas de infusão com bibliotecas de fármacos, os custos com a internação forma acrescidos em mais R\$ 1.238,40, relativo ao custo de 15 equipamentos de bombas de infusão com biblioteca de fármacos, necessários para atender a demanda de infusões durante o período de internação.

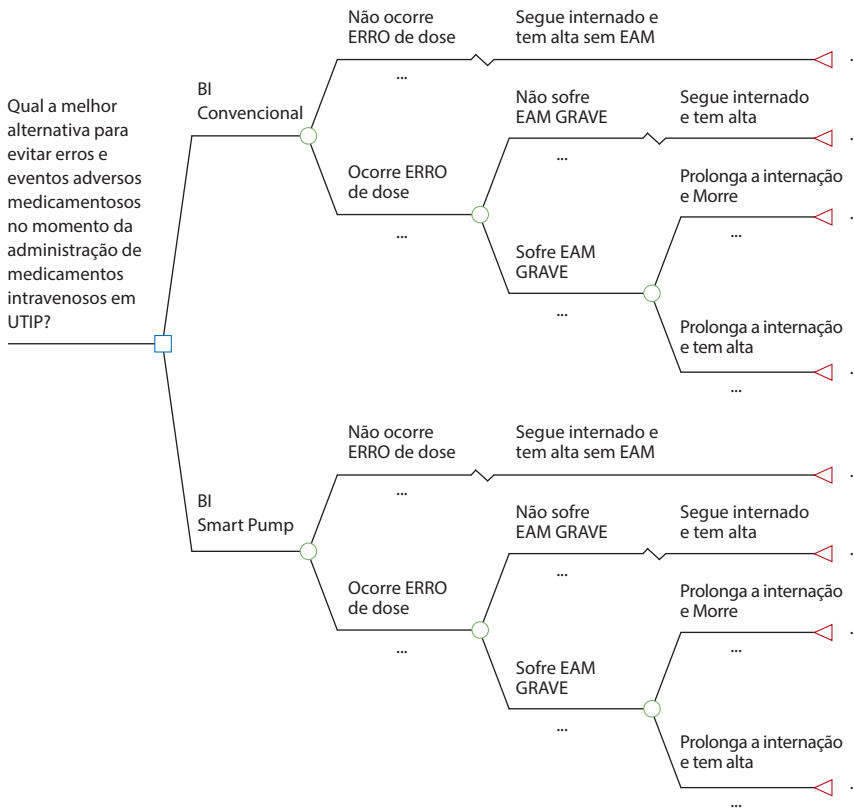


Figura 1 – Estrutura do Modelo de Árvore de Decisão. Jan. 2017

Figura 2 – Distribuições e seus respectivos parâmetros imputados no modelo. Text Report de distribuições imputados no Modelo e criado pelo autor com uso do software Treeage\*. Janeiro de 2017.

| Tipo | Nome (distribuição) | Descrição   | Alfa   | Lambda Beta   |
|------|---------------------|---|--|---|
| gama | dist_sp_cust_int    | distribuição do custo da internação com smart pump                | $(7186,28^2)$<br>$(4165,544^2)$              | $7186,28/(4165,544^2)$  |
| beta | dist_efe_sp         | distribuição da efetividade da alta com bc sem eam                | $((0,9064^2)$<br>$*((1-0,9064)/(0,04044^2))$ | $(0,9064*(1-0,9064)/(0,04044^2))-$<br>$((0,9064^2)*((1-0,9064)/(0,04044^2)))$ |
| beta | dist_efe_bc         | distribuição da efetividade da bc                                 | $((0,74^2)$<br>$*((1-0,74)/(0,1697^2))$      | $(0,74*(1-0,74)/(0,1697^2))-$<br>$((0,74^2)*((1-0,74)/(0,1697^2)))$           |
| gama | dist_bc_cust_int    | distribuição do custo da internação utilizando bomba convencional | $(6381,88^2)/(4165,544^2)$                   | $6381,88/(4165,544^2)$  |
| gama | dis_custos_eam      | distribuição dos custos com eam                                   | $(72480,00^2)/(25568,981^2)$                 | $72480,00/(25568,981^2)$  |
| beta | dist_prob_erro_dose | distribuição da probabilidade de erro de dose                     | $((0,26^2)*((1-0,26)/(0,1697^2)))$           | $(0,26*(1-0,26)/(0,1697^2))-$<br>$((0,26^2)*((1-0,26)/(0,1697^2)))$           |
| beta | dist_prob_eam_grave | distribuição da probabilidade de ocorrência de eam grave          | $((0,023^2)*((1-0,023)/(0,001414^2)))$       | $(0,023*(1-0,023)/(0,001414^2))-$<br>$((0,023^2)*((1-0,023)/(0,001414^2)))$   |
| beta | dist_prob_morte_eam | distribuição da probabilidade de morte por eam grave              | $((0,03^2)*((1-0,03)/(0,04242^2)))$          | $(0,03*(1-0,03)/(0,04242^2))-$<br>$((0,03^2)*((1-0,03)/(0,04242^2)))$         |



O custo médio dos equipamentos foi estimado em R\$ 82,56, podendo variar entre R\$76,80 e R\$ 88,32 para o equipamento da bomba de infusão inteligente. Para o equipamento de bomba convencional, o custo médio foi estimado em R\$ 21,70, podendo variar entre R\$ 18,80 e R\$ 24,60. Esses são os valores praticados para a venda, diretamente pela empresa B. Braun, referentes aos equipamentos das bombas *Infusomat Space* e *Infusomat Compact*, respectivamente.

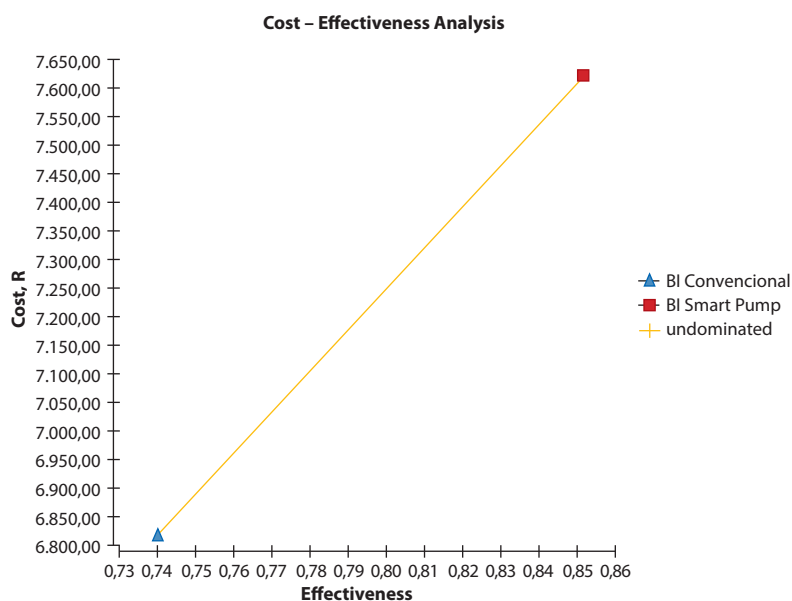
O custo com eventos adversos evitáveis foi estimado em R\$ 3.200,00 por dia de internação. Para fins de estimativa de custos evitados, foram considerados tão somente aqueles decorrentes de erros relacionados à infusão de medicamentos intravenosos com potencial para eventos adversos graves, tendo como fontes de informações a literatura científica<sup>(16)</sup>. As distribuições para a análise de sensibilidade probabilística estão apresentadas na Figura 2.

## RESULTADOS

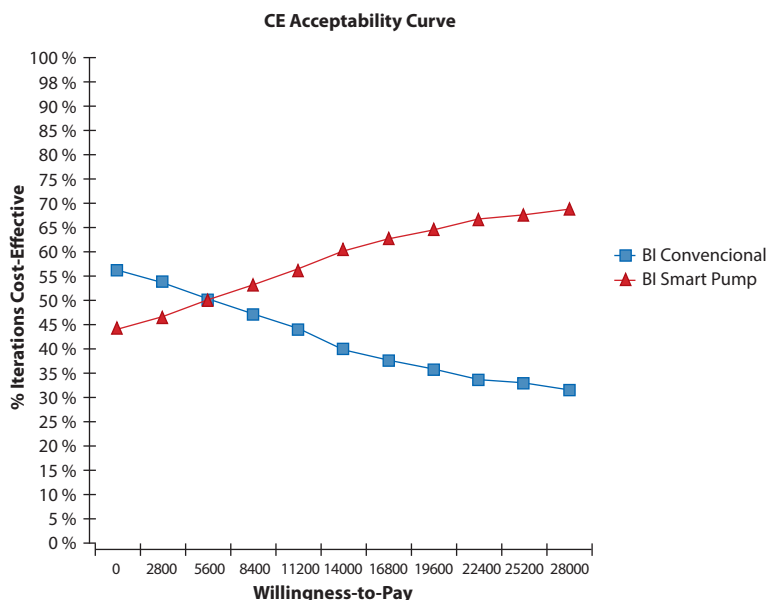
A árvore de decisão, após *RollBack*, mostrou que a bomba de infusão com biblioteca de fármacos pode ser a melhor estratégia para evitar EAM durante a administração de medicamentos intravenosos.

É possível, no caso base, obter uma efetividade média de até 0,86, o que corresponde evitar EAM relacionado à dose em 86% das infusões de medicamentos pela via intravenosa, utilizando bombas de infusão com biblioteca de fármacos. Isso a um custo que pode variar de R\$ 7.600,00 a R\$ 7.650,00. Utilizando bombas de infusão convencionais, uma efetividade de até 0,74 pode ser obtida, a um custo que pode variar de R\$ 6.800,00 a R\$ 6.850,00 (Figura 3).

A análise de custo-efetividade revelou uma razão de custo-efetividade incremental (ICER) de R\$ 4.834,13, dentro do limiar de disposição de pagar definido no caso-base.



**Figura 3** - Gráfico de Custo-Efetividade. Modelo de Árvore de Decisão proposto pelo autor e criado com uso do *software Treeage*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017



**Figura 4** - Gráfico de Curva de Aceitabilidade de Custo-Efetividade. Análise de Custo-Efetividade do Modelo de Árvore de Decisão proposto pelo autor e criado com uso do *software Treeage*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017

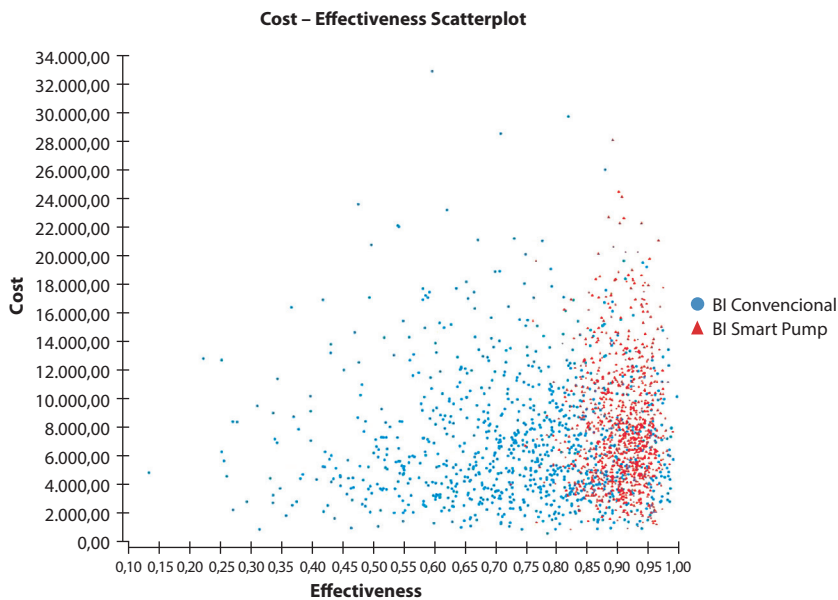
Esse ICER significa dizer que, para se obter uma unidade de efetividade adicional, ou seja, evitar um EAM por erro de dose no caso-base, utilizando bomba de infusão inteligente, é preciso desembolsar mais R\$ 4.834,13.

A curva de aceitabilidade, conforme a Figura 4, revelou que a probabilidade de a bomba de infusão com biblioteca de fármacos ter um melhor custo-efetivo que a bomba de infusão convencional passa a ser maior, a partir de um limiar de disposição de pagar de pouco mais de R\$ 6.000,00. Considerando o limiar de disposição de pagar de R\$ 28.105,41, a probabilidade de a bomba de infusão com biblioteca de fármacos ser custo-efetiva é de 75%.

Na análise probabilística, foram realizadas 10.000 simulações de Monte Carlo de segunda ordem para tratar das incertezas relacionadas a variabilidade dos parâmetros imputados no modelo. Foram gerados gráficos do tipo dispersão (*scatter plot*) de custo-efetividade conforme a Figura 5.

Pode-se constatar que a efetividade da bomba de infusão com biblioteca de fármacos variou entre 75% e 99% (triângulo vermelho no gráfico), com pouca dispersão. Com relação aos custos, a dispersão foi um pouco maior, com maior concentração das simulações entre as faixas de R 2.000,00 a R\$ 10.000,00.

O *scatter plot* revela ainda uma grande dispersão em relação à efetividade da bomba de infusão convencional (círculo azul), variando entre 15% e 99%, com maior concentração das simulações na faixa de 70% a 90%. Em relação aos custos, a dispersão foi bem parecida com aquela observada na bomba de infusão com biblioteca de fármacos, porém com uma variabilidade discretamente maior.



**Figura 5** – Scatter plot do Custo-Efetividade Fonte. Análise de sensibilidade probabilística (Monte Carlo) do Modelo de Árvore de Decisão proposto pelo autor e criado com uso do *software Treeage*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2017

## DISCUSSÃO

O estudo apresentou uma breve revisão da literatura sobre a efetividade do uso de bombas de infusão convencional e com biblioteca de fármacos, utilizando as informações derivadas dessa revisão para fundamentar os pressupostos assumidos e imputados no Modelo de Árvore de Decisão apresentado. Nota-se, como característica da literatura pesquisada, o predomínio de estudos observacionais.

Os resultados da análise econômica estimaram a razão de custo-efetividade da utilização de bombas de infusão com bibliotecas de fármacos para a redução de eventos adversos relacionados a erros de dose na administração de medicamentos injetáveis, pela via intravenosa, em Unidades de Terapia Intensiva pediátrica e neonatal. Como não houve uma estratégia dominante, qualquer uma das estratégias pode ser custo-efetiva, dependendo da disposição de pagar por elas.

A análise revelou que a bomba convencional, embora tenha o menor custo, tem também menor efetividade. Diferentemente, a bomba de infusão com biblioteca de fármacos apresentou maior custo e maior efetividade.

Alguns estudos realizados foram inconclusivos em relação à efetividade das bombas de infusão inteligentes na redução de evento adverso medicamentoso, demonstrando não haver redução de risco associado à implantação de bombas inteligentes<sup>(17)</sup>, embora outros concluam que essa tecnologia pode prevenir erros de dosagem, aumentando assim a segurança do paciente<sup>(18)</sup>.

Considerando a análise determinística e a disposição de pagar (WTP), que no caso-base é de R\$ 28.105,41, a melhor estratégia para evitar EAM relacionados à dose, durante as infusões de medicamentos pela via intravenosa, é a bomba de infusão com biblioteca de fármacos.

A redução de evento adverso medicamentoso por erro de dose quando se utilizam bombas de infusão pode representar

uma economia significativa de recursos e um aumento de vidas salvas, tendo em vista o potencial de morte relacionado a esses eventos.

No caso-base, com o desembolso de R\$ 28.000,00, existe 75% de probabilidade de a bomba de infusão com biblioteca de fármacos ser custo-efetiva, caso seja utilizada para reduzir a taxa de EAM por erro de dose em infusões venosas de medicamentos na Unidade de Terapia Intensiva. A maior probabilidade de a bomba convencional ser custo-efetiva é de 55% e esse percentual de probabilidade pode ser alcançado se o limiar de disposição de pagar for de R\$ 6.000,00.

Em todas as 10 mil simulações, apenas 4 ultrapassaram o limiar de disposição de pagar de pouco mais de R\$ 28.000,00, o que diminui a incerteza do modelo no que se refere à opção pela incorporação da bomba de infusão com biblioteca de fármacos, considerando esse limiar de disposição para pagar.

A análise probabilística demonstrou ser muito grande a probabilidade de a bomba de infusão com biblioteca de fármacos ser realmente mais custo-efetiva que a convencional, ratificando o que já havia sido revelado pela curva de aceitabilidade, que demonstrou que a bomba de infusão com biblioteca de fármacos passa a ter maior probabilidade de ser custo-efetiva comparada à bomba de infusão convencional, a partir de um limiar de aproximadamente R\$ 6.000,00.

## Limitações do estudo

Por conta do pouco tempo disponível para a realização do presente estudo, não foi possível implementar a análise de impacto orçamentário da adoção da estratégia com o melhor custo-efetivo para a população-alvo. Dessa forma, sugere-se que seja estudado o complemento de análise econômica.

## Contribuições para a área da Enfermagem, Saúde ou Política Pública

A medida de efetividade de interesse neste estudo é a taxa de EAM evitado relacionado aos erros de doses durante a infusão de medicamentos utilizando bombas de infusão.

Assim, ao evitar o evento adverso medicamentoso, proporcionam-se ganhos de benefícios para a população estudada, que são tão maiores quanto maior for a efetividade da estratégia utilizada. O estudo demonstrou que utilizar bombas de infusão com bibliotecas de fármacos é tem melhor custo-efetivo do que utilizar bombas de infusão convencionais.

## CONCLUSÃO

Os resultados dessa análise econômica podem representar uma nova perspectiva para a abordagem da problemática dos EAM relacionados aos erros de dose em infusões de medicamentos na

UTIP e na UTIN, quase sempre abordados na literatura científica, a partir de dois enfoques não raramente dissociados um do outro.

O primeiro enfoque está baseado na preocupação com o aumento das taxas de EAM nessas unidades, o que tem concorrido para o avanço do conhecimento científico acerca da melhor estratégia para reduzi-los. O segundo está relacionado ao aumento dos custos hospitalares associados à incorporação de tecnologias e ao próprio evento adverso, tornando-se explícito no crescente número de estudos publicados sobre o tema, ainda que seus resultados não tenham robustez e força de recomendação para oferecer suporte sólido para as condutas sobre essa situação.

A nova perspectiva apontada pelos resultados da análise de custo-efetividade expande a discussão para além dos horizontes das análises isoladas de efetividade e dos custos das estratégias para a redução de EAM em UTIP e UTIN, considerando, em um mesmo estudo, os custos e os benefícios da adoção de uma ou outra estratégia, chamando atenção para a efetividade obtida

com a estratégia em termos de EAM evitados, relacionados ao erro de dose de medicamentos.

Portanto, uma vez que utilizar bombas de infusão com bibliotecas de fármacos é mais custo-efetivo, o possível constrangimento para adotar essa estratégia poderia ser tão somente de ordem orçamentária.

Considerando uma escala de valoração da confiabilidade das evidências científicas, sua contribuição pode ser bastante útil para compreensão da problemática deste estudo, muito embora o valor dos estudos observacionais possa ser reduzido na ausência de dados mais consistentes, e para fins de avaliação de efetividade.

## FOMENTO

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

---

## REFERÊNCIAS

1. CDC: Centers of Disease Control and Prevention. Medication safety program [Internet]. Atlanta (GA): CDC; [updated 2017 Jun 19]. [cited 2016 Apr 25]. Available from: <http://www.cdc.gov/medicationsafety/>
2. Gimenes FRE. Administração: não basta usar, é preciso conhecer a maneira correta. In: *Uso Racional de Medicamentos: fundamentação em condutas terapêuticas e nos macroprocessos da Assistência Farmacêutica*. Brasília: OPAS/OMS; 2016. [cited 2017 Apr 25]. Available from: [https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=serie-uso-racional-medicamentos-284&alias=1546-administracao-nao-basta-usar-e-preciso-conhecer-a-maneira-correta-6&Itemid=965](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=serie-uso-racional-medicamentos-284&alias=1546-administracao-nao-basta-usar-e-preciso-conhecer-a-maneira-correta-6&Itemid=965)
3. Ribeiro GSR, Silva RC, Ferreira MA, Silva GR. Slips, lapses and mistakes in the use of equipment by nurses in an intensive care unit. *Rev Esc Enferm USP* [Internet]. 2016 [cited 2018 May 30];50(3):419-26. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-623420160000400007>
4. World Health Organization. Conceptual framework for the international classification for patient safety. Version 1.1. Final Technical Report. Geneva: WHO; 2009. [cited 2016 Apr 25] Available from: [www.who.int/patientsafety/taxonomy/icps\\_full\\_report.pdf](http://www.who.int/patientsafety/taxonomy/icps_full_report.pdf)
5. Toso GL, Golle L, Magnago TSBS, Herr GEG, Loro MM, Aozane F, et al. Patient safety culture in hospitals within the nursing perspective. *Rev Gaucha Enferm* [Internet]. 2016 [cited 2017 Apr 25];37(4):e58662. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-1447.2016.04.58662>
6. Carvalho CG, Ribeiro MR, Bonilha MM, Fernandes Jr M, Procianoy RS, Silveira RC. [Use of off-label and unlicensed drugs in the neonatal intensive care unit and its association with severity scores]. *J Pediatr (Rio J)* [Internet]. 2012 [cited 2018 May 30];88(6):465-70. Available from: <http://dx.doi.org/10.2223/JPED.2231> Portuguese.
7. Sullivan JE, Buchino JJ. Medication errors in pediatrics - the octopus evading defeat. *J Surg Oncol* [Internet]. 2004 [cited 2016 May 20];88:182-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/jso.20126>
8. ECRI Institute. Top 10 Technology Health Hazards For 2017. *Health Devices* [Internet]. 2016 Nov [cited 2016 Dec 2]. Available from: [https://www.ecri.org/Resources/Whitepapers\\_and.../Haz17.pdf](https://www.ecri.org/Resources/Whitepapers_and.../Haz17.pdf)
9. Lanzillotti LS, Seta MH, Andrade CL, Mendes Jr WV. Adverse events and other incidents in neonatal intensive care units. *Ciênc Saúde Colet* [Internet]. 2015 [cited 2018 May 2];20(3):937-46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015203.16912013>
10. Esqué Ruiz MT, Moretones Suñol MG, Rodríguez Miguélez JM, Sánchez Ortiz E, Izco Urroz M, Lamo Camino M, et al. Los errores de tratamiento en una unidad neonatal, uno de los principales acontecimientos adversos. *An Pediatr (Barc)* [Internet]. 2015 [cited 2016 Dec 2];84(4):211-17. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2015.09.009>
11. Porto S, Martins M, Mendes W, Travassos C. [The financial relevance of adverse events in hospitals in Brazil]. *Rev Port Saúde Pública* [Internet]. 2010 [cited 2016 Dec 2];10(10):74-80. Available from: <http://www.elsevier.pt/pt/revistas/revista-portuguesa-saude-publica-323/artigo/a-magnitude-financeira-dos-eventos-adversos-em-hospitais-X0870902510898606> Portuguese.
12. Mendoza LMG, Montes AT, Orozco MS, Salas AP, Hernández MER. [Costs of serious adverse events in a community teaching hospital, in Mexico]. *Cir Cir* [Internet]. 2015 [cited 2018 May 20];83(3):211-16. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.circir.2015.05.013> Spanish.
13. Novaes HMD, Soárez PC. Health technology assessment (HTA) organizations: dimensions of the institutional and political framework. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2016 [cited 2018 May 20];32 Sup 2:e00022315. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00022315>
14. Ministério da Saúde (BR), Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia. Diretrizes metodológicas: Diretriz de Avaliação Econômica [Internet]. 2a. ed. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2014 [cited 2018 May 20]. Available from: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_metodologicas\\_dirtriz\\_avaliacao\\_economica.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_dirtriz_avaliacao_economica.pdf)

15. Ohashi K, Dalleur O, Dykes PC, Bates DW. Benefits and risks of using smart pumps to reduce medication error rates: a systematic review. *Drug Saf* [Internet]. 2014 [cited 2018 May 10];37(12):1011-20. Available from: 10.1007/s40264-014-0232-1
  16. Kelian ARO. Erros de administração de medicamentos e consequências financeiras. 2014 May 16 [cited 2017 May 10]. In: *Qualidade e Segurança do Paciente Blog* [Internet]. São Paulo: Opupac; 2014. Available from: <https://blog.opuspac.com/pt/erros-de-administracao-de-medicamentos-e-consequencias-financeiras/>
  17. Cassiani SHB, Gimenes FRE, Aline Aparecida Silva Monzani. [The use of technology for the safety of the patient] *Rev Eletr Enf* [Internet]. 2009 [cited 2017 May 10];11(2):413-7. Available from: <http://www.fen.ufg.br/revista/v11/n2/v11n2a24.htm> Portuguese.
  18. Trbovich PL, Pinkney S, Cafazzo JA, Easty AC. The impact of traditional and smart pump infusion technology on nurse medication administration performance in a simulated inpatient unit. *Qual Saf Health Care* [Internet]. 2010 [cited 2017 May 10];19(5):430-4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.2009.032839>
-