



Páginas 13-28

**Ana Carolina Costa de Oliveira**  
Universidade Federal da Paraíba  
[carolyneoliveira@gmail.com](mailto:carolyneoliveira@gmail.com)

**Juliana Paiva Góes Ramalho**  
Centro Universitário de João Pessoa  
[julianapaiva5@gmail.com](mailto:julianapaiva5@gmail.com)

**João Agnaldo do Nascimento**  
Universidade Federal da Paraíba  
[joaoagh@gmail.com](mailto:joaoagh@gmail.com)

**Sérgio Ribeiro dos Santos**  
Universidade Federal da Paraíba  
[srsantos207@gmail.com](mailto:srsantos207@gmail.com)

**Juliana Sousa Soares de Araújo**  
Universidade Federal da Paraíba  
[ju1circulojp@gmail.com](mailto:ju1circulojp@gmail.com)

**Luiz Bueno da Silva**  
Universidade Federal da Paraíba  
[bueno@ct.ufpb.br](mailto:bueno@ct.ufpb.br)



**PORTO ALEGRE**

**RIO GRANDE DO SUL**

**BRASIL**

Recebido em: agosto de 2020

Aprovado em: julho de 2021

## Avaliação *fuzzy* do Simulador de Realidade Virtual REANIME para o Aprendizado de Profissionais da Saúde

*Evaluation fuzzy of the REANIME Virtual Reality Simulator for Training Health Professionals*

**Resumo:** Este artigo tem o objetivo de avaliar o sistema especialista *fuzzy* a partir do simulador de realidade virtual REANIME para o aprendizado de profissionais de saúde no processo de reanimação neonatal. Trata-se de um estudo descritivo do tipo não-probabilístico por conveniência, tendo em vista que a amostra dos profissionais de saúde participantes ocorreu por adesão, de forma voluntária. Como resultado, pode-se destacar que a avaliação dos profissionais da saúde foi classificada como concordância quase perfeita, visto que das oito simulações satisfatórias, apenas uma apresentou discordância no que diz respeito às regras *fuzzy*. Em simulações classificadas como insatisfatórias não ocorreu nenhum erro. Assim, conclui-se que o modelo *fuzzy* implementado foi considerado satisfatório para o aprendizado em reanimação neonatal. Contudo, sugere-se que outras simulações sejam realizadas no sentido de contribuir com futuros trabalhos.

**Palavras-chave:** Aprendizado. Reanimação neonatal. Realidade virtual. *Fuzzy*.

**Abstract:** This article aims to evaluate the expert *fuzzy* system using the virtual reality simulator REANIME for the learning of health professionals in the process of neonatal resuscitation. The research was classified as descriptive of the non-probabilistic type for convenience, considering that the sample of participating health professionals occurred by adherence, voluntarily. With results, it can be highlighted that the evaluation of health professionals was classified as almost perfect agreement, since of the eight satisfactory simulations, only one presented disagreement regarding the *fuzzy* rules. As for the simulations classified as unsatisfactory, no error occurred. Thus, it is concluded that the implemented *fuzzy* model was considered satisfactory for the progress of the research. However, it is suggested that other simulations be carried out to contribute to future work.

**Keywords:** Learning. Neonatal resuscitation. Virtual reality. *Fuzzy*.

## 1. Introdução

De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), aproximadamente três milhões de crianças morrem a cada ano antes de completar um mês de vida (GIRALDI, 2013). Entretanto, essa fatalidade poderia ter sido evitada, se essas crianças recebessem cuidados apropriados e de qualidade durante as primeiras horas de vida. Nas últimas décadas do século XXI, a taxa de mortalidade infantil diminuiu em países do continente americano como resultado da redução das disfunções por doenças infecciosas (SANTOS; CUBAS, 2012).

Segundo Guinsburg e Almeida (2018), essas mortes ainda representam 28% daquelas em menores de cinco anos de idade, seu peso é inferior comparado com o das causas perinatais e neonatais, referentes às gestações, nascimento e as 4 primeiras semanas de vida, o que representa 38% das mortes. Anualmente, nascem 130 milhões de crianças no mundo, cerca de 2,9 milhões de bebês morrem a cada ano nos primeiros 28 dias de vida. Além destes, 2,6 milhões nascem mortos, e 1,2 milhão dessas mortes ocorrem quando o coração do bebê para durante o trabalho de parto (ONU, 2018).

As boas práticas de cuidados com o recém-nascido têm sido um dos principais aspectos das políticas de redução da mortalidade infantil (ALMEIDA; GUINSBURG, 2016), uma vez que o nascimento de uma criança apresenta a maior transição fisiológica da vida humana, em virtude das várias adaptações extrauterinas. Assim, a reanimação dos recém-nascidos é necessária na assistência neonatal, por demanda de competências cognitivas e técnicas comportamentais, que exigem conhecimento, assimilação de achados e tomada de decisão (LINO *et al.*, 2017). Diante dessa afirmação, compreende-se que tais fatores interferem diretamente na execução do atendimento em caso de reanimação.

Considera-se que o treinamento de reanimação é um elemento essencial na capacitação clínica dos profissionais de saúde (SOAR *et al.*, 2010). Desse modo, todos atuantes da área de saúde devem demonstrar competência na execução dos procedimentos de reanimação. Portanto, treinamentos práticos devem comprovar sua eficácia e garantir que os participantes alcancem os resultados desejados (ONAN *et al.*, 2017).

Os treinamentos na área da saúde focam-se no aprendizado teórico, acompanhado da experiência clínica, com o contato direto do estudante com o paciente (MARIANI; PÊGO-FERNANDES, 2012). Alguns desses treinamentos necessitam atualizações, o que

pode ser um desafio para os profissionais de saúde que atuam longe dos grandes centros (DICKSON *et al.*, 2014).

Com a evolução tecnológica do ensino, passam a existir alternativas para o treinamento teórico-prático como, por exemplo, a realidade virtual (RV). A RV “é um espaço criado artificialmente, alternativo, mas que existe e é percebido pelos nossos sentidos de forma análoga ao mundo físico em que vivemos” (TORI *et al.*, 2018, p. 3). Para Jacho *et al.* (2014), a realidade virtual pode ser definida como sendo uma técnica avançada de interface, em que o usuário realiza navegação, imersão e interação em um ambiente 3D simulado pelo computador por intermédio de vias auditivas, visuais, táteis, entre outras.

Na atualidade, vários estudos vêm sendo desenvolvidos sobre a utilização dos simuladores de RV para treinamento, com o intuito de minimizar os custos e os recursos, por exemplo, cirurgia óssea (DAVARIS *et al.*, 2019). Apesar disso, a realização do treinamento por meio de ambientes de realidade virtual possui pouco valor, quando não são capazes de gerar *feedback* dos procedimentos realizados individualmente ou coletivamente em relação ao desempenho dos usuários.

A existência de uma tecnologia com um modelo de tomada de decisão integrado ao simulador baseado RV nos permite conhecer o desempenho dos usuários e auxiliar no processo ensino-aprendizagem dos profissionais de saúde. Assim, esse artigo tem como objetivo avaliar o sistema especialista fuzzy a partir do simulador de realidade virtual REANIME para o aprendizado de profissionais de saúde no processo de reanimação neonatal.

## 2. Referencial Teórico

Na sequência, serão discutidos alguns temas relevantes à consecução do objetivo proposto, destacando o conceito de sistema especialista *fuzzy*, realidade virtual e alguns aspectos ligados à reanimação neonatal.

### 2.1 Sistema especialista *fuzzy*

O sistema especialista *fuzzy* é definido como sendo o conhecimento gerado por um especialista humano e modelado por regras *fuzzy* (MACHADO; MORAES; ZUFFO, 2001). Ainda segundo os autores, cada regra representa uma variável de interesse em que cada especialista pode apresentar sua opinião sobre o fato específico. O sistema *fuzzy* é constituído por três

elementos fundamentais: base de conhecimento; motor de inferência e interface com o usuário.

A base de conhecimento contempla fatos e regras usados como modelo de tomada de decisão. As regras traduzem o conhecimento do especialista e os fatos são dados obtidos no início ou durante o processo de dedução (MORAES; MACHADO, 2007). Para isso, o conhecimento deve ser representado ou codificado, de modo que o computador o intérprete, visto que o conhecimento gerado pelo especialista na sua maioria é impreciso.

Lofti Zadeh, em 1965, desenvolveu a teoria dos conjuntos *fuzzy*, a qual admite que modelos computacionais apresentem condições de definir soluções que tratem a imprecisão, uma vez que é difícil classificar elementos como pertencentes, ou não, a um dado conjunto clássico (ZADEH, 1965). Assim, dado um universo U, um elemento particular  $x \in U$  e um conjunto *fuzzy* A que está contido em U, define-se como função de pertinência de x em relação A função  $\mu_A(x)$  da forma:

$$\mu_A(x) \rightarrow U [0,1]$$

Zadeh (1965) baseou seu estudo na flexibilização da pertinência de elementos aos conjuntos, concebendo a ideia de grau de pertinência, quando este elemento se compatibilizar a um dado conjunto (ORTEGA, 2001). Esses elementos apresentam graus de pertinência que variam entre 0 e 1, onde 0 representa que o elemento está totalmente fora do conjunto e 1 representa que o elemento está totalmente contido no conjunto.

Os conjuntos *fuzzy* utilizam a representação de variável linguística (VL), as quais são variáveis que, na maioria das vezes, aparecem com adjetivos. As VLs são usadas para representação das variáveis precisas (*crisp*) de entrada e saída, em que o valor é um número *fuzzy*, que são definidas em termos linguísticos (OLIVEIRA et al., 2019). Por exemplo, se a variável *fuzzy* "velocidade" é interpretada como uma variável linguística, o conjunto de termos T (velocidade) pode ser:

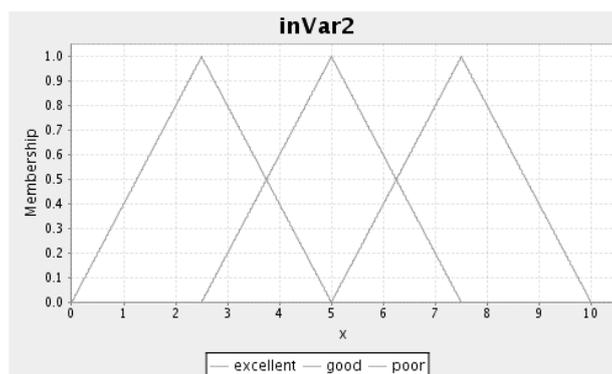
$$T(\text{velocidade}) = \{\text{lento, moderado, rápido ...}\}$$

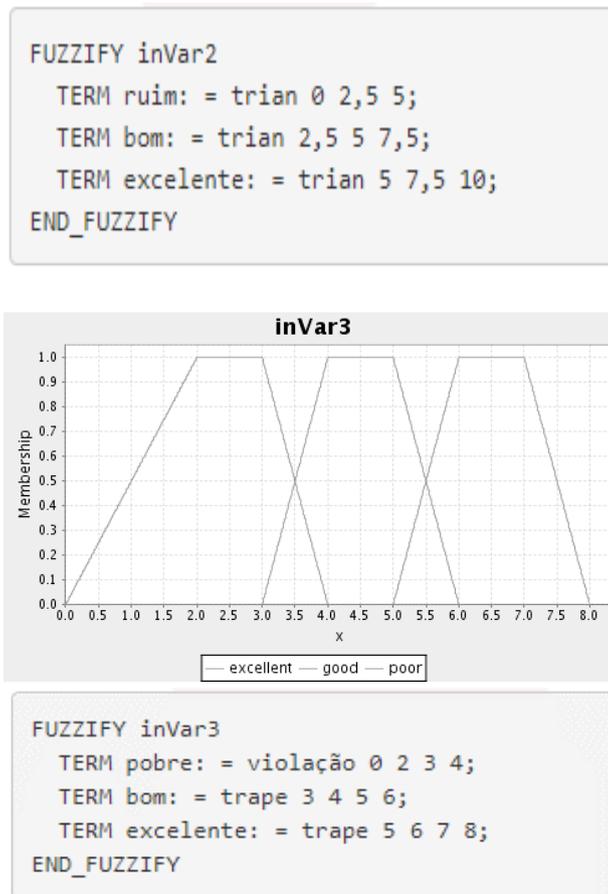
Em que cada termo em T (velocidade) é caracterizado por um conjunto *fuzzy* em um universo  $U = [0,100]$ . Assim, pode-se interpretar "lento" como "uma velocidade abaixo de 40 km / h", "moderado" como "uma velocidade próxima a 55 km / h" e "rápido" como "uma velocidade acima de 70 km/h".

Para representação dos conjuntos *fuzzy*, são utilizadas funções de pertinência (ROSS, 2010). A função de pertinência do conjunto *fuzzy* representa as propriedades semânticas do conceito que são lineares, curva Z, gaussiana, trapezoidal, triangular etc. (OLIVEIRA et al., 2019).

Nesta pesquisa, foram utilizadas apenas as funções triangulares e trapezoidais (Figura 1) para as variáveis de entrada, visto que elas são mais fáceis de implementar, no que diz respeito a avaliação em tempo real.

Figura 1 - Funções de pertinência triangular e trapezoidal





Fonte: Cingolani; Jesús Alcalá-Fde (2012).

A forma de expressar o conhecimento em um sistema *fuzzy* ocorre por meio das regras do tipo condição-ação. De forma genérica, uma regra *fuzzy* é do tipo:

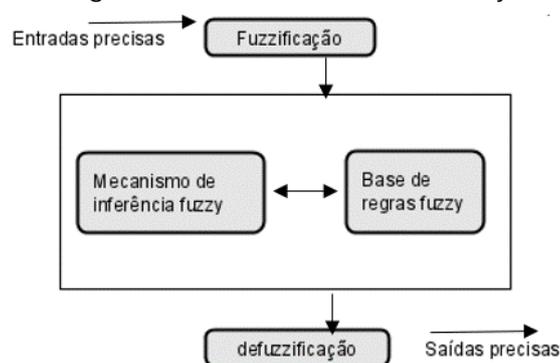
SE (x é a<sub>i</sub>) E (y é b<sub>i</sub>) OU... ENTÃO (z é c<sub>i</sub>) E (w é d<sub>i</sub>)  
 ...

Em que x e y são variáveis *fuzzy* de entrada, z e w são variáveis *fuzzy* de saída e a<sub>i</sub>, b<sub>i</sub>, c<sub>i</sub> e d<sub>i</sub> são realizações

dessas variáveis, medidas na interação do usuário com o sistema (ZADEH, 1973). E a combinação das regras *fuzzy* fornece um resultado de saída que pode ser numérico ou linguístico.

Por fim, o sistema de inferência *fuzzy*, proposto por Mamdani (1974) e adaptado por Lee (1990), representado pela Figura 2. O comportamento de um sistema de inferência *fuzzy* é dividido em três etapas: *fuzzificação*, processo de inferência e *defuzzificação*.

Figura 2 - Sistema de inferência *fuzzy*



Fonte: adaptada por Lee (1990).

De acordo Simões e Shaw (2007), o sistema de inferência *fuzzy* é responsável pela transformação no domínio de aplicações no mundo real para um domínio *fuzzy*. E durante o processamento do sistema, há transformação inversa de domínio *fuzzy* para domínio realístico.

Para Penteadó (2009), a *fuzzificação* é a etapa do processo em que se atribui variáveis de entradas, geralmente provenientes de dispositivos computacionais de imersão e transformam em conjuntos *fuzzy*.

Logo, são usados os dados registrados na base de conhecimento com o intuito de identificar e determinar a relevância das variáveis de entrada para o sistema, enquanto a base de conhecimento é construída a partir da base de dados e de regras. A base de dados contém as definições numéricas fundamentais para definir as funções de pertinência usadas pelo conjunto de regras *fuzzy* e pelos parâmetros do modelo. A base de regras simula o comportamento do sistema, por intermédio do conjunto de regras *fuzzy*, enquanto o processo de inferência simula a tomada de decisão humana. São utilizadas as regras *fuzzy* produzindo o conjunto *fuzzy* de saída. Na etapa de defuzzificação, o conjunto *fuzzy* de saída é gerado a partir das regras ativadas em que é traduzido um único valor de saída real.

Na seção 2.2, será apresentada a revisão de literatura sobre os conceitos básicos de realidade virtual e suas aplicações na área da educação e da saúde.

## 2.2 Realidade Virtual e suas aplicações

A utilização das TICs e da realidade virtual na educação tem se tornado uma prática frequente na

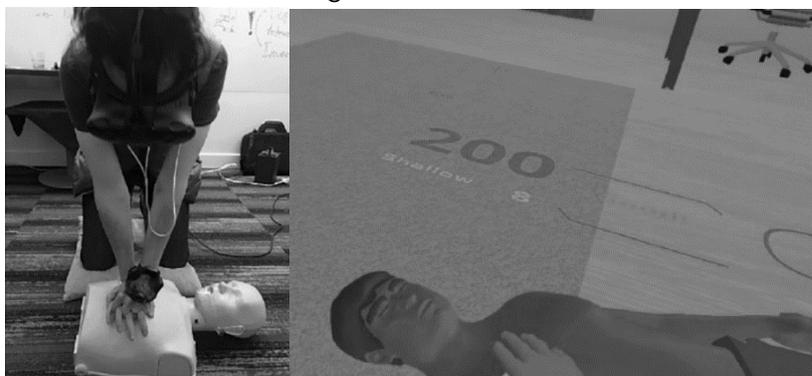
tentativa de dinamizar e tornar mais eficiente a metodologia de ensino atual, especialmente na área da saúde. Segundo Ribaupierre *et al.* (2014), o aprendizado dos conteúdos envolve vários materiais e a aquisição de uma variedade de novas habilidades.

As novas tecnologias foram incorporadas à formação prática e a teórica nos cursos da área de saúde, com enfoque de tornar as matérias interessantes e fáceis de aprender (CHENG, 2014). As mudanças nos ambientes de ensino apontam a utilização da simulação como uma alternativa para capacitação dos profissionais da saúde, por exemplo, em 2019, o Hospital Alemão Oswaldo Cruz e a Edtech MedRoom firmaram uma parceria para exploração do corpo humano, por meio da RV, em aulas de anatomia e fisiologia da Faculdade e Escola Técnica do Hospital (VIP CEO, 2019).

Rita Sanchez, Obstetra e especialista em Medicina Fetal, em entrevista no ano de 2017, afirmou que “a base da mudança comportamental é o treinamento de médicos e enfermeiros, e esse treinamento deve ser de aprendizado contínuo, trazendo novamente a confiança aos profissionais”. Desta maneira, a utilização de novos métodos de treinamento acarreta novos participantes ativos no processo e, conseqüentemente, pares fluentes para a disseminação do conhecimento.

Em 2019, foi desenvolvido o sistema híbrido VR-manequim de Reanimação Cardiopulmonar denominado de VR-CPR (Figura 3) no qual são simulados cenários diversos de um paciente em parada cardíaca (ALMOUSA *et al.*, 2019).

Figura 3 - VR-CPR



Fonte: Almousa *et al.*, (2019).

O VR-CPR foi projetado para ser genérico, acessível e fácil de seguir. O sistema híbrido VR-manequim, de acordo com os autores, foi capaz de realizar um treinamento de qualidade. Além disso, o VR-CPR gerou *feedback* em tempo real, o que auxiliou o processo de aprendizagem.

Uma preocupação constante é a adequação dos simuladores de RV para área de saúde, visto que é fundamental o realismo. Murphy *et al.* (2007) evidenciam que a simulação desenvolvida com o foco na saúde possui um ambiente controlado que imita um cenário real e permite que os profissionais exercitem seus conhecimentos, teóricos e práticos e os repitam quantas vezes for necessário. O método da simulação busca corrigir os erros, aperfeiçoar as habilidades e otimizar os resultados clínicos, uma vez que a realização de alguns procedimentos médicos requer atenção, conhecimento e prática. Diante do exposto, pode-se assegurar que a RV é uma alternativa para treinamento de profissionais de saúde em reanimação cardiopulmonar ou neonatal, pois é possível desenvolver e aperfeiçoar habilidades antes mesmo do contato com um paciente.

Na seção 2.3, será apresentado o simulador de realidade virtual REANIME para avaliação de treinamento em reanimação neonatal.

### 2.3 REANIME

O REANIME é um simulador de realidade virtual desenvolvido com o propósito de capacitar e treinar os profissionais da saúde em reanimação neonatal de acordo com o protocolo do Programa de Reanimação Neonatal da Sociedade Brasileira de Pediatria (GUINSBURG; ALMEIDA, 2018). A construção do REANIME foi dividida em: levantamento de requisitos e o desenvolvimento do sistema híbrido VR-manequim de Reanimação neonatal REANIME.

Para o levantamento dos requisitos do REANIME, foi fundamentado o detalhamento do processo de reanimação neonatal, demonstrado no Quadro 1, visto que o conhecimento dele foi essencial para a identificação das variáveis e da modelagem do simulador.

Quadro 1 - Processo de reanimação neonatal

Etapa da reanimação neonatal	Descrição
Passos iniciais do cuidado ao RN	Determinar se o bebê deve permanecer junto a mãe ou ser levado ao berço aquecido para uma avaliação mais detalhada, em que será identificada a presença de respiração ou choro e tônus musculares.
Airways	Essa etapa também é conhecida como processo de estabilização em que é provido calor, posicionada a cabeça, aspiradas as vias aéreas (se necessário) e realizada a secagem do recém-nascido.
Breathing	Aplicação da ventilação com pressão positiva (VPP) para ajudar a respiração dos recém-nascidos em apneia ou bradicárdicos, considerando o monitor de eletrocardiograma (ECG) e o monitoramento da SatO2. Nessa etapa, é realizada a checagem de expansibilidade torácica, corrigidas as falhas de ventilação e considerada a intubação ou máscara laríngea.
Circulation	Se existir persistência de bradicardia grave, apesar da ventilação assistida, o suporte circulatório inclui a realização de massagem cardíaca coordenada à VPP e O2 100%.
Drug	Se houver persistência de bradicardia grave, apesar da ventilação assistida coordenada à massagem cardíaca, a adrenalina é administrada, enquanto a VPP e a massagem cardíaca continuam a ser aplicadas. Se a frequência cardíaca estiver menor que 60bpm, é considerada hipovolemia ou pneumotórax.

Fonte: Guinsburg e Almeida (2018).

Para o desenvolvimento, foi utilizado o Unity versão 2019.2, lançado em 15 de abril de 2019, que é um mecanismo de desenvolvimento totalmente integrado,

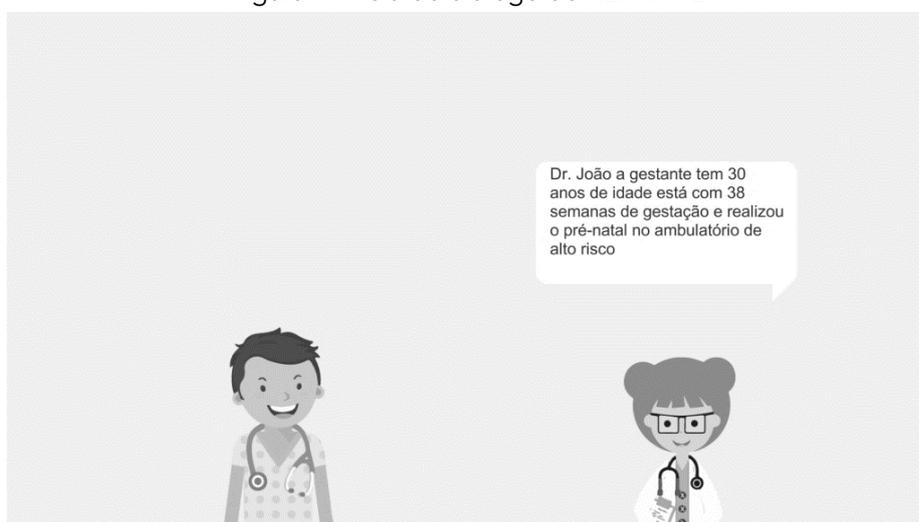
com funcionalidade para criação de conteúdo 3D interativo, linguagem de programação em C# (multiparadigma) e compatibilidade com o Blender entre

outros. Já na diagramação foi utilizado o *Blender*, *Cheetah 3D*, *Photoshop* para a composição, renderização, edição de imagens, por apresentarem compatibilidade com a *Unity* e a aquisição de *templates* da área médica para composição do cenário. Por fim, para integração dos dispositivos de imersão, responsáveis pela integração dos dispositivos de imersão, foi utilizado um reanimador manual, também conhecido por Ambú para o processo de ventilação com balão e máscara, bem como um sensor de flexão acoplado ao balão do reanimador para prática da reanimação mecânica, em que o usuário deve sentir o feedback ao realizar a flexão no balão e contabilizar a quantidade de flexão no período de 60 minutos. Utilizou-se também um sensor elétrico adaptado ao manequim

de um recém-nascido integrado à placa controladora, que visa à imersão ao processo de massagem cardíaca (fricção, atrito etc.), no qual é gerado um *feedback* ao deprimir o tórax do manequim. Para integração ao simulador, foi usado o plugin Uduino.

O REANIME é um sistema híbrido VR-manequim de Reanimação neonatal, no qual a simulação clínica é iniciada com um diálogo entre a equipe assistencial (Figura 4), em que há a apresentação de um caso escolhido aleatoriamente no sistema, expondo o histórico clínico e situacional da gestante. Ao finalizar a simulação clínica, o usuário é encaminhado para simulação no ambiente de realidade virtual em 3D.

Figura 4 - Tela de diálogo do REANIME

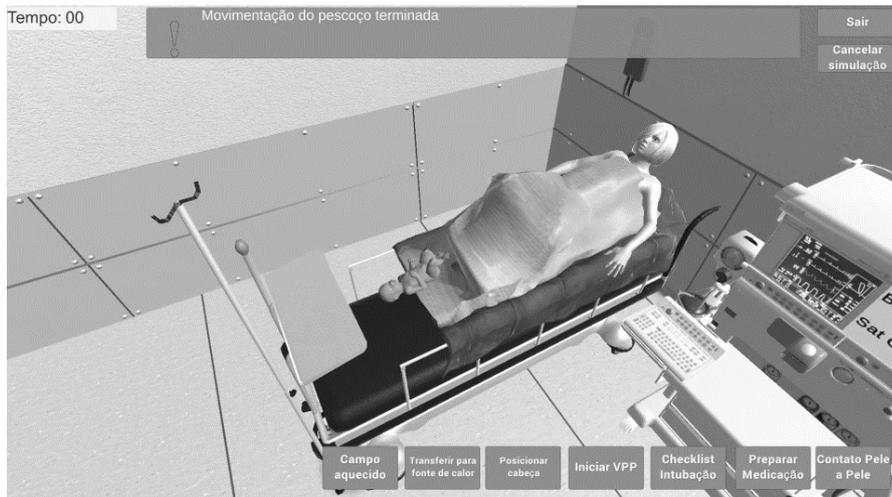


Fonte: Pesquisador do estudo.

Ao acessar o ambiente simulado (Figura 5), o usuário deverá avaliar a presença de tônus muscular, a presença de respiração ou choro e a confirmação da gestação a termo, a partir das características físicas do RN. Por meio da avaliação clínica, é identificado o estado geral do RN e tomada a decisão de contato pele a pele com a mãe ou a realização dos cuidados de rotina necessários de cada atividade especificamente. No caso de o RN necessitar dos cuidados iniciais, o usuário terá

acesso ao menu e a bancada com os instrumentos necessários para o aquecimento e limpeza do RN, posicionamento correto da cabeça, aspiração de secreções oro-nasais, ausculta cardíaca, monitoramento dos sinais vitais, auxílio ao processo de intubação e administração de medicamentos. Para Lino et al., (2017) a reanimação neonatal deve ser dinâmica e com procedimentos padronizados.

Figura 5 - Tela do ambiente simulado

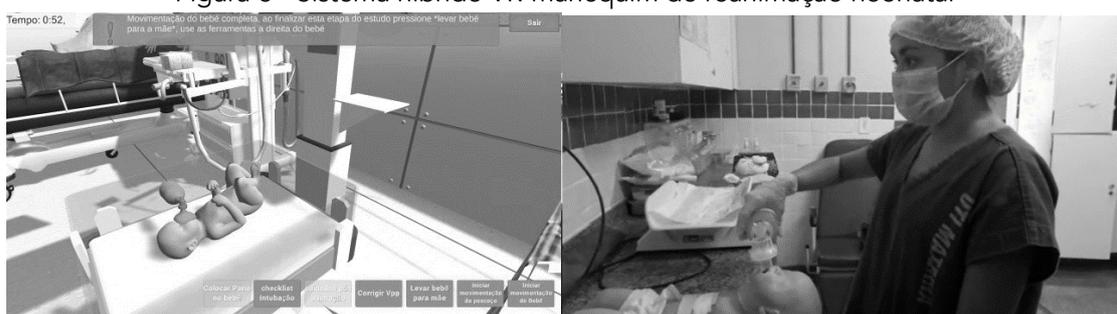


Fonte: Pesquisador do estudo.

Consequente a isso, se após a realização das condutas necessárias, o neonato não apresentar uma resposta satisfatória de estado cardiopulmonar, há indicação para a aplicação da ventilação com balão e máscara. Precedendo a simulação manual do sistema bolsa-válvula-máscara, é apresentada uma tela em que são levadas em conta, por intermédio de um checklist, quais são as matérias necessárias para montagem do sistema de VPP. Após a checagem e confirmação no sistema, é mostrada uma tela, para seleção da concentração de oxigênio.

Em seguida, o usuário terá acesso ao sistema bolsa-válvula-máscara na bancada e, após a seleção e posicionamento do sistema no RN, é dado acesso à tela na qual é possível selecionar a máscara adequada, dando início às insuflações pelo sistema híbrido VR-manequim (Figura 6). Para O’Curraín, Davis e Thio (2019), a VPP é um dos princípios básicos da reanimação neonatal, visto que são necessárias habilidades motoras e, por isso, são mais difíceis de ensinar e, geralmente, são avaliadas de forma subjetiva.

Figura 6 - Sistema híbrido VR-manequim de reanimação neonatal



Fonte: Pesquisador do estudo.

Após a finalização da VPP, o usuário reavalia os sinais vitais. Se não houver melhora do estado geral, corrige-se a técnica aplicada e recomeça o ciclo do VPP. Com a repetição do ciclo, não havendo melhora do quadro clínico, é importante observar a necessidade de intubação. Nessa atividade, o usuário é questionado

sobre a montagem, por meio de uma tela de checagem, contendo uma lista dos materiais necessários e adequados de ajuda a intubação. Tendo em vista que o usuário é apenas um auxiliar do processo de intubação, que é de responsabilidade do médico, ele apenas irá responder ao *checklist* de ajuda na intubação, selecionar

a necessidade de oxigênio suplementar e, ao concluir, o RN estará intubado. É reiniciado o ciclo da VPP com cânula traqueal e, não havendo melhora, é dado início à massagem cardíaca.

A massagem cardíaca é iniciada quando o profissional posiciona o dedo de forma correta no protótipo do manequim, dando início às compressões torácicas coordenadas ao VPP com cânula traqueal, mantendo-se uma relação de 3:1, ou seja, 3 movimentos de massagem cardíaca para 1 movimento de ventilação, com uma frequência de 120 eventos por minuto (90 movimentos de massagem para 30 de ventilação). Neste caso, seriam necessários dois profissionais ou usuários, no entanto o REANIME foi desenvolvido para um único usuário e, com isso, a simulação do VPP com cânula traqueal acontece de forma virtual. Após 60 segundos de execução das compressões, o RN é reavaliado.

Caso a frequência cardíaca do RN permaneça abaixo de 60 bpm, após a massagem cardíaca é indicada a administração de adrenalina, o usuário é perguntado sobre as medicações indicadas para as circunstâncias apresentadas pelo RN.

O emergencial manejo da adrenalina do tipo ET ocorre por meio das vias aéreas. A do tipo EV deve ser a intramuscular, o que proporciona absorção mais rápida e minimiza efeitos adversos, quando utilizada em doses adequadas. Por fim, se o RN não está respondendo aos passos da reanimação e mostra sinais de choque, é indicada a expansão volêmica de emergência.

O estudo de caso que contempla todas as atividades de reanimação neonatal no REANIME é finalizado quando é administrado o expansor de volume, a frequência cardíaca é definida acima de 100bpm e realizada a extubação do RN. Após a conclusão da simulação, é exibido um relatório de desempenho, contendo os escores computados com base no estudo de caso.

Diante do exposto, afirma-se que a utilização do simulador REANIME possibilita a vivência do usuário em um ambiente de realidade virtual, no qual é possível interferir, fomentar, desenvolver e construir o próprio conhecimento por meio de uma aprendizagem mais efetiva.

### 3. Metodologia

O estudo foi classificado, metodologicamente, de acordo com Malhotra (2010), como uma pesquisa aplicada, uma vez que teve o objetivo de avaliar o sistema especialista fuzzy a partir do simulador de

realidade virtual REANIME para o aprendizado de profissionais de saúde no processo de reanimação neonatal. Tratava-se de um trabalho de pesquisa do tipo quantitativa que tem por objetivo quantificar os resultados apresentados.

A amostra foi a não-probabilística por conveniência, tendo em vista que a amostra dos profissionais de saúde participantes ocorreu por adesão, de forma voluntária. De acordo com Marconi e Lakatos (2017, p. 37), nesse tipo de amostragem não se faz uso de formas aleatórias de seleção e nem aplicação de fórmulas estatísticas.

Quanto aos fins, o estudo foi definido como descritivo, visto que expunha características de determinada população ou fenômeno, mas sem o compromisso de explicar os fenômenos que descrevem. É também uma pesquisa bibliográfica, pois foi realizada uma investigação de material teórico para obter o conhecimento necessário na construção da contextualização de argumentos e observações teóricas, assegurando a qualidade das informações.

Quanto aos meios, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa de campo, uma vez que foi empírica, realizada no local do fenômeno que, no caso específico, se deu no Instituto Cândida Vargas entre os meses de agosto a outubro de 2019, com 16 (dezesseis) profissionais de saúde que possuíam certificação no curso teórico-prático de reanimação neonatal ministrado pela Sociedade Brasileira de Pediatria, na qual a participação aconteceu por meio do voluntariado. Eles receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), explicando as propostas, a duração e as atividades da pesquisa, em conformidade com a Resolução N° 510 de 7 de abril de 2016, que regula as pesquisas com seres humanos (BRASIL, 2016).

Quanto ao método, o processo de avaliação de treinamento no ambiente de simulação REANIME foi realizado com os profissionais de saúde aptos. Eles foram apresentados ao simulador REANIME, ou seja, o pesquisador demonstrou o funcionamento de todas as etapas da simulação e o funcionamento dos dispositivos de imersão. Na sequência, o usuário fez uma simulação-teste, com o objetivo de fazer com que os profissionais de saúde ficassem familiarizados com a tecnologia e tivessem mais confiança na execução da simulação de avaliação. E, por fim, eles foram convidados a simular uma situação-problema com objetivo de validar o simulador de realidade virtual REANIME como uma ferramenta de auxílio a aprendizagem de reanimação neonatal para profissionais da saúde. Todos os

participantes simularam a mesma situação-problema de forma individual, em dias e horas diferentes.

A pesquisa foi dividida em 3 (três) etapas, que são a fuzzificação das variáveis seis variáveis *fuzzy* (descritas a seguir), a construções das regras com auxílio de dois especialistas em neonatologia e a defuzzificação gerada a partir das regras ativadas em que é traduzido um único valor de saída real (satisfatório ou insatisfatório). Para as etapas subcitadas, foi utilizado o *software* Eclipse, que é um IDE gratuito e o *plugin* JFuzzyLogic que é um pacote de lógica *fuzzy* escrito em Java, disponível pela licença LGPLv3, este pacote implementa uma Linguagem de Controle *fuzzy*.

Por fim, tem-se a etapa de análise dos dados que foi realizada a partir dos resultados coletados na simulação

de uma situação-problema do REANIME por 16 usuários, no qual as variáveis de fuzzificação foram contempladas gerando, assim, 16 registros no banco de dados. Diante do resultado, foi criado um *script* desenvolvido em Linguagem Java, para definição do índice Kappa (k) e da construção da matriz de confusão para classificação do aprendizado dos profissionais de saúde após a utilizando o REANIME.

A estatística Kappa é um índice que mensura o nível da concordância e ligação dos dados. Os seus resultados podem variar de 0 a 1, de modo que, quanto mais próximo de 1, maior é a confiança dos resultados (SHESKIN, 2003). Na Tabela 1, encontra-se a interpretação dos valores de Kappa adotados no estudo.

Tabela 1 - Interpretação dos valores de Kappa (k)

Valor de Kappa (k)	Interpretação
< 0	Nenhuma concordância
0 – 0,20	Leve concordância
0,21 – 0,40	Concordância regular
0,41 – 0,60	Concordância moderada
0,61 – 0,80	Concordância substancial
0,81 – 1	Concordância quase perfeita

Fonte: Sheskin (2003).

A Matriz de Confusão é observada na saída dos resultados analisados, bem como é enfatizada a quantidade de erros e acertos das classificações das instâncias, a qual deve apresentar em sua diagonal principal os acertos e os demais valores, os erros, devem ser iguais a 0.

#### 4. Resultados e discussões

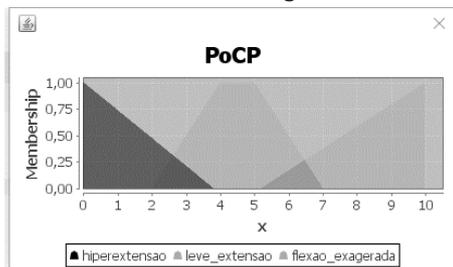
O modelo baseado em sistema especialista *fuzzy* contempla uma parte do modelo de decisão desenvolvido para avaliação de treinamento do simulador REANIME. A escolha do modelo de decisão baseado em sistema especialista *fuzzy* teve como embasamento a existência de variáveis subjetivas no processo de reanimação neonatal, bem como pelos modelos de decisão que abordam eventos similares na literatura nacional e internacional, conforme os estudos de Coutinho *et al.* (2015) e Safdari *et al.* (2016).

Para a elaboração do modelo, utilizaram-se seis variáveis de fuzzificação: posicionamento da cabeça e do

pescoço (PoCP); reposicionamento da cabeça e do pescoço (RPoCP); posicionamento da cabeça e do pescoço no processo de ventilação com máscara (PoCV); movimentação e verificação da expansão torácica com VPP com máscara (MVPP); movimentação e verificação da expansão torácica com cânula traqueal (MVppT) e compressão do tórax (PosP).

Os termos linguísticos definidos para as variáveis 'PoCP', 'RPoCP' e 'PoCV' tiveram os graus de pertinência distribuídos ao longo do universo composto pelos inteiros de 0 a 10. Considerou-se que os dois extremos, "hiperextensão" e "flexão\_exagerada", são absolutamente pertinentes apenas nos limites (0, 1) e (10, 0), respectivamente. A partir desses pontos, as funções decrescem até os pontos (3.8, 0) e (5.2, 0). A função para "leve\_extensão" começa a crescer nos pontos (2, 0) e (7, 0), atingindo seu ápice entre os pontos (4, 1) (5,1), constituindo duas formas triangulares e uma trapezoidal, com curtas interseções triangulares em hiperextensão / leve\_extensão e leve\_extensão/ flexão\_exagerada, a exemplo da Figura 7:

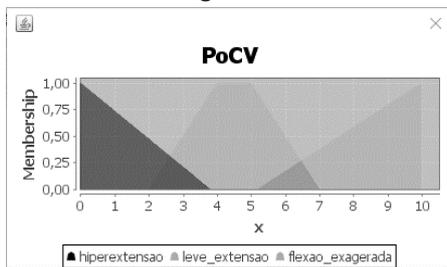
Figura 7 - Gráfico e sintaxe do código das variáveis 'PoCP', 'RPoCP' e 'PoCV'



**FUZZIFY PoCP**

```

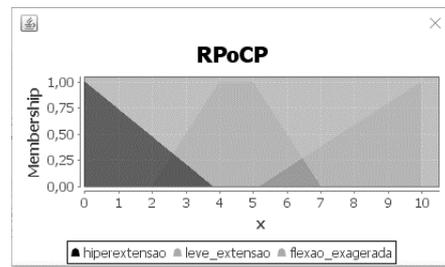
TERM hiperextensão:= (0,1) (3.8,0);
TERM leve_extensão:= (2,0) (4,1) (5,1)
(7,0);
TERM flexão_exagerada:= (5.2,0) (10,1);
END_FUZZIFY
    
```



**FUZZIFY PoCV**

```

TERM hiperextensão:= (0,1) (3.8,0);
TERM leve_extensão:= (2,0) (4,1) (5,1)
(7,0);
TERM flexão_exagerada:= (5.2,0) (10,1);
END_FUZZIFY
    
```



**FUZZIFY RPoCP**

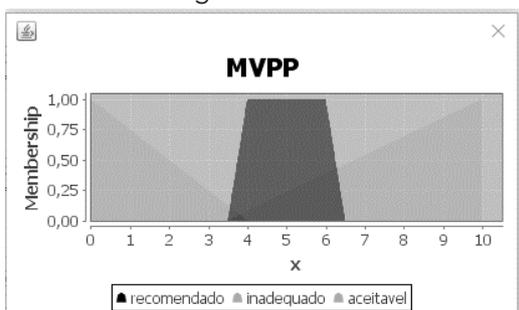
```

TERM hiperextensão:= (0,1) (3.8,0);
TERM leve_extensão:= (2,0) (4,1) (5,1)
(7,0);
TERM flexão_exagerada:= (5.2,0) (10,1);
END_FUZZIFY
    
```

As variáveis 'MVPP' e 'MVppT' de entrada *crisp*, ou seja, que admitem valores reais, foram modeladas como *fuzzy*, conforme o desempenho dos movimentos por minuto da frequência da ventilação com máscara e cânula traqueal, com os seguintes termos linguísticos: inadequado, recomendado e aceitável, os quais correspondem a frequência da ventilação do sistema

bolsa-válvula-máscara ou bolsa-válvula-cânula traqueal deve ser 40-60 movimentos/minuto, de acordo com a regra prática "aperta/solta/solta/aperta" e tenha uma pressão mínima para obter expansão pulmonar adequada, visível pela expansão torácica (GUINSBURG; ALMEIDA, 2018).

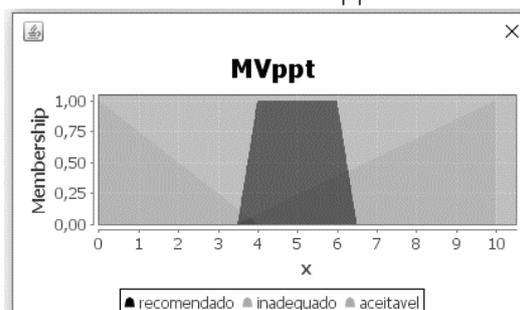
Figura 8 - Gráfico e sintaxe do código das variáveis 'MVPP' e 'MVppT'



**FUZZIFY MVPP**

```

TERM inadequado:= (0,1) (40,0);
TERM recomendado:= (35,0) (40,1) (60,1) (65,0);
TERM aceitável:= (35,0) (100,1);
END_FUZZIFY
    
```



**FUZZIFY MVppT**

```

TERM inadequado:= (0,1) (40,0);
TERM recomendado:= (35,0) (40,1) (60,1) (65,0);
TERM aceitável:= (35,0) (100,1);
END_FUZZIFY
    
```

Segundo a Figura 8, as variáveis linguísticas 'MVPP' e 'MVppT' estabeleceram que o desempenho dos movimentos por minuto (M/m) da ventilação por máscara e cânula traqueal é inadequado até quarenta (40) M/m. A partir deste ponto, as funções são absolutamente pertinentes nos limites entre (35,0) (100,1) que foram

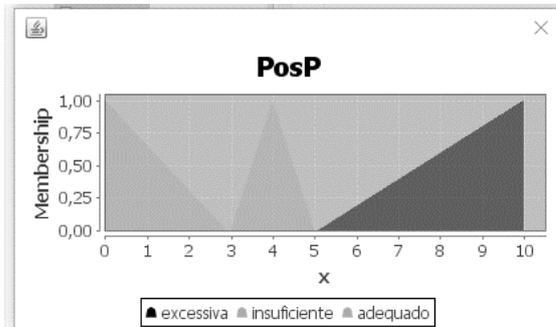
definidas como sendo do tipo triangulares, com interseção trapezoidal.

Por fim, a variável linguística 'PosP' é composta pelos seguintes termos linguísticos: "adequada" em que a profundidade das compressões torácica, é de aproximadamente (4 cm) e está associada aos desfechos

favoráveis em comparação às compressões menos profundas denominada de "insuficiente". E a VL "excessiva" que, de acordo com Maisch (2016), pode causar possíveis lesões, ocorre com compressões

torácica de aproximadamente (5 cm). A função de pertinência é representada por três formas triangulares, sem interseções, conforme Figura 10:

Figura 9 - Gráfico e sintaxe do código da variável 'PosP'



```

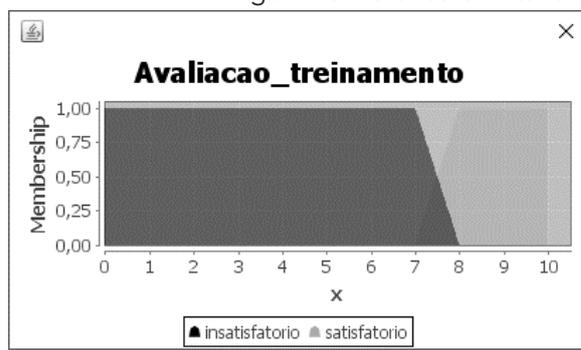
FUZZIFY PosP
TERM insuficiente:= (0,1) (2.9,0);
TERM adequado:= (3,0) (4,1) (5,0);
TERM excessiva:= (5.1,0) (10,1);
END_FUZZIFY
    
```

Analisando os gráficos (Figura 9), é possível verificar que as variáveis 'PoCP', 'RPoCP' e 'PoCV' possuem um menor espaço de transição entre as variáveis (representada pela interseção), em comparação com as variáveis 'MVPP' e 'MVppT'. Isso acontece porque o critério que está abarcado por essas variáveis são apenas o posicionamento, reposicionamento e posicionamento da cabeça em leve extensão de aproximadamente 45° grau (evite a hiperextensão ou a flexão exagerada), tendo, no aspecto de desempenho dos movimentos por minuto da ventilação por máscara e cânula traqueal, de possuir uma interseção, a partir da execução da ventilação de 35 repetições por minuto. Enquanto, em

relação da compressão torácica 'PosP', o excesso e a insuficiência de profundidade podem ser letais no processo de reanimação neonatal. Sendo assim, é uma VL de relevância em termos de avaliação.

Tendo em vista a variável de defuzzificação, 'Avaliação treinamento', pode-se destacar que a avaliação das variáveis linguísticas é classificada como insatisfatória do ponto (0,1) até (8,0), gerando uma interseção entre insatisfatório / satisfatório entre os pontos (7,0) (8,0), em que a função para "satisfatório" começa a crescer, até atingir seu ápice no ponto (8, 1), mantendo-se estável até o ponto (10, 1), como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Gráfico e sintaxe da variável de defuzzificação



```

DEFUZZIFY Avaliacao_treinamento
TERM insatisfatorio:= (0,1) (7,1) (8,0);
TERM satisfatorio:= (7,0) (8,1) (10,1);
METHOD: COGS;
DEFAULT: =0;
END_DEFUZZIFY
    
```

Tal como exposto, as variáveis 'MVPP', 'MVppT' e 'PosP' foram consideradas críticas para o processo de análise, que tem como finalidade a avaliação do

desempenho do usuário em treinamento como satisfatório ou insatisfatório.

Por essa razão, a avaliação das variáveis PoCP', 'RPOCP' e 'PoCV' destaca um maior peso quando 'MVPP' e/ou 'MVpPT' e 'PosP' forem consideradas (inadequadas) e/ou (excessiva, insuficiente e adequado), respectivamente.

Aponta-se que a variável 'avaliacao\_treinamento' passa a ser tida como satisfatória se as PoCP', 'RPOCP' e 'PoCV' e/ou 'MVPP' e/ou 'MVpPT' e 'PosP' forem, no mínimo, "flexao\_exagerada", "leve\_extensao" e "leve\_extensao", ou seja, se não for a execução de erro que afeta a integridade do recém-nascido, a exemplo da compressão torácica excessiva 'PosP', o usuário é avaliado de forma satisfatória.

Por sua vez, se as variáveis PoCP', 'RPOCP' e 'PoCV' forem avaliadas como: "flexao\_exagerada" ou "hiperextensao", serão consideradas determinantes se, no mínimo, as outras variáveis se apresentarem com interseções pertinentes, pois, nesse caso, o processo de ensino-aprendizagem deve se sobressair diante de certa dificuldade na simulação de reanimação neonatal. Por esse mesmo motivo, para a PoCP tenha peso negativo na análise, é necessário que mais de três variáveis tenham sido consideradas inconclusivas, de acordo com as regras fuzzy (Figura 11).

Figura 11 - Conjunto de regras fuzzy

```

RULE1: IF PoCP IS hiperextensao AND RPOCP IS flexao_exagerada AND PoCV IS flexao_exagerada AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS excessiva THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio;
RULE2: IF PoCP IS hiperextensao AND RPOCP IS hiperextensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS excessiva THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE3: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS excessiva THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE4: IF PoCP IS hiperextensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS insuficiente THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE5: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS hiperextensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE6: IF PoCP IS hiperextensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE7: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS hiperextensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE8: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS inadequado AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS insatisfatorio.
RULE9: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
RULE10: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS hiperextensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
RULE11: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
RULE12: IF PoCP IS flexao_exagerada AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
RULE13: IF PoCP IS flexao_exagerada AND RPOCP IS leve_extensao AND PoCV IS leve_extensao AND MVPP IS aceitavel AND MVpPT IS aceitavel AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
RULE14: IF PoCP IS leve_extensao AND RPOCP IS hiperextensao AND PoCV IS hiperextensao AND MVPP IS inadequado AND MVpPT IS adequado AND PosP IS adequado THEN Avaliacao_treinamento IS satisfatorio.
    
```

Para que a análise dos resultados das variáveis do modelo baseado em sistema especialista fuzzy integrasse o sistema de avaliação de treinamento do REANIME, foi implementado um script que permitiu o acesso à variável de defuzzificação de cada avaliação do usuário, sendo um (1) para satisfatório ou zero (0) para insatisfatória.

Como desfecho da pesquisa, foi realizada uma análise dos resultados da defuzzificação para classificar o aprendizado dos profissionais de saúde após a utilizando do REANIME no que diz respeito ao processo de reanimação neonatal. Para isso, foram avaliadas apenas as variáveis que necessitaram de algum tipo de dispositivo de imersão para interação com o ambiente de realidade virtual, ou seja, as variáveis de fuzzificação.

Para esse fim, utilizou-se o índice Kappa (k) e a matriz de confusão.

Assim, é oportuno destacar que a avaliação foi classificada como concordância quase perfeita, tendo um índice kappa de 0.875, ou seja, 87,5%. Já para análise da matriz de confusão (Tabela 1), é possível destacar que das 8 simulações que foram classificadas como 'satisfatórias' apenas uma apresentou discordâncias no que fiz respeito às regras *fuzzy*, isto é, as variáveis PoCP e RPoCP concomitantemente foram classificadas como 'flexão\_exagerada' e as demais variáveis ('PoCV', 'MVPP', 'MVppT' e 'PosP') apresentaram resultados satisfatórios a partir das regras, entretanto esta simulação é insatisfatória tendo em vista que o usuário cometeu duas vezes o mesmo erro em relação ao posicionamento da cabeça-pescoço.

Tabela 1 – Matriz de confusão

A	b	Classificação
7	1	a= satisfatorio
0	8	b= insatisfatorio

Fonte: Pesquisador do estudo.

Por fim, observa-se que das 8 (oito) avaliações 'insatisfatórias', nenhuma foi classificada erroneamente. Diante disto, evidencia-se que a simulação por meio do REANIME pode avaliar a aprendizagem dos usuários (profissionais de saúde) sem consequências, visto que, de acordo com a Sociedade Brasileira de Pediatria, os usuários apenas são considerados inaptos se tiverem mais 20% de erros cometidos nas práticas de simulação de situações-problema.

Dessa forma, a associação entre o ambiente, realidade virtual e as alternativas tecnológicas desenvolvidas nessa pesquisa gerou uma aproximação do usuário de forma realística às situações cotidianas dos profissionais de saúde, possibilitando uma compreensão das dificuldades, avaliação do processo de tomada de decisão e um treinamento adequado para aprendizagem do protocolo de reanimação neonatal, o qual influencia diretamente na conduta assistencial.

## 5. Conclusão

Esta pesquisa buscou apresentar um simulador de realidade virtual para avaliação de treinamento dos

profissionais de saúde em reanimação neonatal. O REANIME integra atividades iniciais de estabilização do recém-nascido, bem como a ventilação com balão e máscara, auxílio ao médico para intubação traqueal e, por fim, a massagem cardíaca e preparação de medicação. Atividades essas que proporcionaram aos profissionais de saúde a possibilidade de manipular e interagir com a situação-problema do processo de reanimação neonatal, virtualmente.

Com base nas vantagens do uso da realidade virtual no âmbito da saúde, a pesquisa em questão apresenta o REANIME como uma ferramenta inovadora para avaliação de treinamento dos profissionais de saúde baseada na reanimação neonatal. Assim, em virtude da carência de tecnologias voltadas a essa finalidade, o simulador REANIME figura como uma solução nesse sentido da qual se tem conhecimento na literatura científica pesquisada atualmente.

Sobre a aplicação do sistema especialista fuzzy para validação de treinamento do REANIME, foi possível identificar que a ferramenta de avaliação interna do simulador gerou indicadores precisos para validação das variáveis linguísticas. Diante disto, pode-se afirmar que o modelo fuzzy implementado foi considerado satisfatório para o andamento da pesquisa. Contudo, sugere-se que outras simulações sejam realizadas, de modo a contribuir com futuros trabalhos.

A utilização do simulador REANIME é uma alternativa para treinamento de profissionais de saúde em reanimação cardiopulmonar ou neonatal, pois é possível aprender, desenvolver e aperfeiçoar habilidades antes mesmo de tocar em um paciente real. Conclui-se, portanto, que o treinamento dos profissionais de saúde, no que diz respeito à reanimação neonatal, pode acontecer por meio da teleeducação com a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para o âmbito teórico e a utilização do REANIME, como alternativa para o estudo da prática.

## Referências

ALMEIDA, M. F. B., GUINSBURG, R. **Programa de reanimação neonatal da SBP: manual didático de instrutor 2016/[coordenadores]** Maria de Fernanda Branco de Almeida, Ruth Guinsbung. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria, 2016.

ALMOUSA, O. *et al.* Virtual reality simulation technology for cardiopulmonary resuscitation training:

An innovative hybrid system with haptic feedback. *Simulation & Gaming*, v. 50, n. 1, p. 6-22, 2019.

BATOCCHIO, M. C. A.; PIRES, M.S.G.; AMORIM, R.R.. Protótipo de um Sistema Especialista para a Educação Ambiental. *In: VI Congresso Iberoamericano de Educación Ambiental, 2009, San Clemente de Tuyú. VI Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, 2009.*

BENIGUI, Y. Prefácio. *In: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas e Estratégicas. Manual AIDPI neonatal, Organização Pan-Americana da Saúde. Coordenação de Rejane Silva Cavalcante et al. 5. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.*

BRASIL. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Pesquisa com Seres Humanos. **DOU nº 98 (Seção 1; p. 44 - 46)**. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

CHENG, M. Quality as transformation: educational metamorphosis. *Quality in Higher Education*, v. 20, n. 3, p. 272-289, 2014.

CINGOLANI, P.; ALCALA-FDEZ, J. **fuzzyLogic**: a robust and flexible fuzzy-Logic inference system language implementation. *In: 2012 IEEE International Conference on fuzzy Systems. IEEE, 2012. p. 1-8.*

COUTINHO, K. M. V. et al. Modelo fuzzy estimando tempo de internação por doenças cardiovasculares. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 20, p. 2585-2590, 2015.

DAVARIS, M. et al. **A importância do feedback automatizado do desempenho em tempo real no treinamento de cirurgia óssea temporal em realidade virtual**. *In: Conferência Internacional sobre Inteligência Artificial em Educação. Springer, Cham, 2019. p. 96-109.*

DICKSON, K. E. et al. Every Newborn: health-systems bottlenecks and strategies to accelerate scale-up in countries. *The Lancet*, v. 384, n. 9941, p. 438-454, 2014.

EVANS, J. R.; OLSON, D. L. **Introduction to simulation and risk analysis**. Prentice Hall PTR, 2001.

GIRALDI, R. **Três milhões de bebês podem ser salvos da morte com cuidados adequados, diz UNICEF**. ONU Brasil, 2013. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tres-milhoes-de-bebes-podem-ser-salvos-da-morte-com-cuidados-adequados-diz-unicef/>. Acesso em: 19 ago. 2018.

GUINSBURG, R.; ALMEIDA, M. F. B. de. **Manual de Reanimação Neonatal**. 7. ed. São Paulo: Associação Paulista para o Desenvolvimento de Medicina, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mortalidade infantil cai no Brasil, mas segue longe de padrão desenvolvido**. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2019/11/28/ibge-mortalidade-infantil-cai-no-brasil-mas-segue-longo-de-padrao-desenvolvido.ghtml>. Acesso em: 2 jun. 2020.

JACHO, L. et al. Semi-immersive virtual reality system with support for educational and pedagogical activities. *In: Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2014 IEEE 12th International Conference on. IEEE, 2014. p. 199-204.*

LEE, C. fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller. II. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, v. 20, n. 2, p. 419-435, 1990.

LINO, F. S. et al. A utilização da simulação no contexto da reanimação neonatal. *Revista Uningá*, v. 53, p. 134, 2017.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; ZUFFO, M. K. Avaliação " Fuzzy" para um Sistema de Realidade Virtual para Treinamento Médico. *Anais... Encontro Nacional de Inteligência Artificial (ENIA)*, p. 254-259, 2001.

MAISCH, B. ESC and AHA guidelines 2015 on endocarditis: *In: Competition or Synchrony? Herz*, v. 41, n. 8, p. 690-696, 2016.

MALHOTRA, N. **Marketing research: an applied orientation**. 6. ed. Prentice Hall, 2010.

MAMDANI, E. H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *In: Proceedings of the institution of electrical engineers. IE, 1974. p. 1585-1588.*

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARIANI, A. W.; PÊGO-FERNANDES, P. M. Ensino médico: simulação e realidade virtual. **Diagn Tratamento**, v. 17, n. 2, p. 47-8, 2012.

MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. Multiple assessment for multiple users in virtual reality training environments. *In: Iberoamerican Congress on Pattern Recognition*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. p. 950-956.

MURPHY, D. et al. Equipamiento y tecnología en robótica. **Archivos Españoles de Urología (Ed. impresa)**, v. 60, n. 4, p. 349-355, 2007.

O'CURRAIN, E.; DAVIS, P. G.; THIO, M. Educational Perspectives: Toward More Effective Neonatal Resuscitation: Assessing and Improving Clinical Skills. **NeoReviews**, v. 20, n. 5, p. e248-e257, 2019.

OLIVEIRA, A. C. C. de et al. REANIME: um sistema especialista fuzzy baseado em realidade virtual para avaliação de treinamento de reanimação neonatal. **Temas em Saúde**, João Pessoa, v. 19, n. 3, p. 46-73, out. 2019. Disponível em: <http://temasemsaude.com/wp-content/uploads/2019/09/19304.pdf>. Acesso em: 28 maio 2020.

ONAN, A. et al. A review of simulation-enhanced, team-based cardiopulmonary resuscitation training for undergraduate students. **Nurse Education in Practice**, v. 27, p. 134-143, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **7 mil recém-nascidos morrem por dia no mundo**. ONU Brasil. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-7-mil-recem-nascidos-morrem-por-dia-no-mundo/>. Acesso em: 9 ago. 2018.

ORTEGA, N. R. S. Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a problemas da Biomedicina. São Paulo (SP): Instituto de Física/USP, 2001.

PENTEADO, F. B. L. **Método de filtragem fuzzy para avaliação de bases de dados relacionais**. 2009. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2009.

RIBAUPIERRE, S. et al. Healthcare training enhancement through virtual reality and serious games. *In: Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare* 1. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 9-27.

ROSS, T. J. **Fuzzy logic with engineering applications**. John Wiley & Sons, 2005.

SAFDARI, R. et al. Developing a fuzzy expert system to predict the risk of neonatal death. **Acta Informática Médica**, v. 24, n. 1, p. 34, 2016.

SANTOS, Á. da S.; CUBAS, M. R. **Saúde Coletiva: Linhas de Cuidado e Consulta de Enfermagem**. Elsevier Brasil, 2012.

SHEKIN, D. J. **Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures**. Crc. Press, 2003.

SIMÕES, M. G.; SHAW, I. S. **Controle e modelagem fuzzy**. Editora Blucher, 2007.

SOAR, J. et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010 section 9. Principles of education in resuscitation. **Resuscitation**, v. 81, n. 10, p. 1434-1444, 2010.

TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (org.). **Introdução à Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

VIP CEO (São Paulo) (ed.). **Hospital Alemão Oswaldo Cruz adota realidade virtual para treinar área médica**. 2019. Disponível em: <https://www.hospitaloswaldocruz.org.br/imprensa/noticias/hospital-alemao-oswaldo-cruz-firma-parceria-com-edtech-para-inovacoes-em-realidade-virtual>. Acesso em: 28 maio 2020.

ZADEH, L. A. **fuzzy sets**. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics**, n. 1, p. 28-44,