



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELOS DE DECISÃO E SAÚDE**

LUCAS DAVID MAIA MATIAS

Proposição de um *serious game* para dispositivos móveis com um modelo inteligente para avaliar o conhecimento médico em suporte avançado de vida cardiovascular

JOÃO PESSOA-PB  
2025

LUCAS DAVID MAIA MATIAS

Proposição de um *serious game* para dispositivos móveis com um modelo inteligente para avaliar o conhecimento médico em suporte avançado de vida cardiovascular

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde Nível Mestrado, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, como requisito regular para a obtenção do título de mestre.

**Linha de Pesquisa:** Modelos de Decisão

**Orientadores:**

Prof<sup>a</sup>. Dra. Liliane dos Santos Machado

Prof. Dr. Ricardo de Souza Soares

**Coorientador:**

Prof. Dr. Marcelo Dantas Tavares de Melo

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

M433p Matias, Lucas David Maia.

Proposição de um serious game para dispositivos móveis com um modelo inteligente para avaliar o conhecimento médico em suporte avançado de vida cardiovascular / Lucas David Maia Matias. - João Pessoa, 2025.

133 f. : il.

Orientação: Liliâne dos Santos Machado, Ricardo de Souza Soares.

Coorientação: Marcelo Dantas Tavares de Melo.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Suporte Avançado de Vida Cardiovascular - Jogo.  
2. Treinamento digital - Saúde. 3. Jogos educacionais - Saúde. 4. Avaliação do desempenho - Aprendiz. I. Machado, Liliâne dos Santos. II. Soares, Ricardo de Souza. III. Melo, Marcelo Dantas Tavares de. IV. Título.

Lucas David Maia Matias

**Proposição de um *serious game* para dispositivos móveis com um modelo inteligente para avaliar o conhecimento médico em suporte avançado de vida cardiovascular**

Dissertação aprovada em 21 de fevereiro de 2025

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Liliane dos Santos Machado  
Orientadora

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Soares  
Orientador

---

Prof. Dr. Marcelo Dantas Tavares de Melo  
Coorientador

---

Prof. André Telis de Vilela Araújo  
Membro Interno – UFPB

---

Prof. Ronei Marcos de Moraes  
Membro Interno – UFPB

---

Prof<sup>ª</sup>. Luciana Mara Monti Fonseca  
Membro Externo – USP



## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as maravilhas realizadas em minha vida, inclusive por ter me concedido a oportunidade e a determinação necessárias para chegar até aqui.

Aos meus pais, Josehan e Elda, minha eterna gratidão pelo apoio incondicional às minhas escolhas e por estarem sempre ao meu lado, tanto nos momentos de alegria quanto nos de dificuldade.

À minha amada esposa, Isabel, que acompanhou de perto toda a minha trajetória no mestrado, oferecendo apoio, auxílio e, sobretudo, compreensão e paciência nos momentos em que precisei abdicar até mesmo da sua companhia para me dedicar integralmente a este estudo. Ela, mais do que ninguém, conhece todas as batalhas enfrentadas ao longo do caminho, e sou profundamente grato por tudo.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com destaque para Raul e Elvis, por todo o suporte prestado ao longo do projeto — especialmente a Elvis, com quem compartilhei o desenvolvimento do SAV-me, conduzindo pesquisas complementares: ele com foco no design voltado à satisfação dos usuários, e eu, no modelo de decisão inteligente da aplicação.

Agradeço também ao pessoal da Liga de Cardiologia e Cirurgia Cardíaca (LACC) da UFPB, pelo suporte na definição dos conteúdos conceituais do SAV-me.

Aos meus orientadores, em especial à professora Dra. Liliane, por sua presença constante, apoio dedicado e por contribuir de forma essencial para a consolidação desta pesquisa.

Por fim, registro que este trabalho contou com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do processo nº 88887.828303/2023-00 (2023–2025).

“Tudo o que te vier às mãos para fazer, faze-o  
com todas as tuas forças, porque na sepultura,  
para onde tu vais, não há trabalho, nem  
projeto, nem conhecimento, nem sabedoria  
alguma.”

Eclesiastes 9:10

## RESUMO

**Introdução:** o treinamento em Suporte Avançado de Vida Cardiovascular (SAVC) é essencial para a capacitação de profissionais de saúde que atuam em emergências. Tradicionalmente, esse treinamento ocorre de forma presencial, com simulações realísticas e avaliações conduzidas por instrutores. No entanto, essa abordagem apresenta desafios como altos custos, o que dificulta na realização de reavaliações frequentes, além da necessidade de infraestrutura específica.

**Objetivo:** diante desses desafios, este estudo propõe o desenvolvimento do SAV-me, um jogo interativo gráfico para plataformas móveis projetado para complementar o treinamento tradicional em SAVC, avaliar o conhecimento teórico dos usuários e prover *feedback* a partir de um modelo inteligente. **Materiais e métodos:** o SAV-me foi construído segundo as diretrizes de 2020 da *American Heart Association* (AHA), referência adotada no Brasil e nas américas pela ampla aceitação internacional desses algoritmos. O núcleo decisório emprega um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) que confronta cada ação do jogador com o algoritmo oficial. Ao longo do jogo, há emissão de *feedback*— mensagens breves e sonorização que confirmam a ação executada — e, ao término, é gerado um relatório, entendido aqui como um relatório sintético que discrimina acertos, erros e omissões. Embora ainda não mensure habilidades motoras, o SAV-me provou ser uma solução acessível e confiável para reciclagens frequentes do conhecimento teórico em SAVC, complementando — sem substituir — a prática presencial. **Resultados e Discussão:** Os resultados indicam que o SAV-me é uma ferramenta promissora para a avaliação do conhecimento teórico em SAVC. A implementação de um SBC possibilitou uma avaliação objetiva e estruturada, assegurando padronização e confiabilidade na avaliação do desempenho. O modelo inteligente do SAV-me garante *feedback* durante a ação e ao final — relatório resumido de acertos, erros e omissões. Esse mecanismo acelerou a autocorreção, elevou o engajamento e manteve baixo custo de treinamento graças à distribuição móvel. **Conclusão:** O SAV-me atingiu todos os objetivos, operacionalizando critérios de avaliação teórica em um SBC coerente com os algoritmos da AHA. A avaliação automática gera *feedback* com alta concordância com especialistas. O modelo de avaliação proposto não apenas garante confiabilidade nos resultados, mas também contribui para um aprendizado mais autônomo, interativo e motivador, tornando o treinamento mais acessível e eficaz para profissionais da saúde. Regras explícitas garantem transparência e possibilitam atualizações rápidas sempre que surgirem novas diretrizes. O jogo complementa, mas não substitui os treinamentos presenciais, práticas que exigem aferição de habilidades motoras não podem ser exploradas no SAV-me. Distribuído em dispositivos móveis, reduz custos e se mostra como uma excelente alternativa às limitações logísticas dos cursos presenciais.

**Palavras-chave:** Treinamento digital, Jogos educacionais, Avaliação do desempenho, Suporte Avançado de Vida Cardiovascular.

## ABSTRACT

**Introduction:** Advanced Cardiovascular Life Support (ACLS) training is essential for equipping healthcare professionals who work in emergency settings. Traditionally, this training is conducted in person, featuring realistic simulations and assessments led by instructors. However, this approach presents challenges such as high costs, which hinder frequent reassessments, and the need for specific infrastructure. **Objective:** In light of these challenges, this study proposes the development of SAV-me, a graphic interactive game for mobile platforms designed to complement traditional ACLS training, assess users' theoretical knowledge, and provide feedback through an intelligent model. **Materials and Methods:** SAV-me was built according to the 2020 guidelines from the American Heart Association (AHA), a reference widely adopted in Brazil and the Americas due to the international acceptance of these algorithms. The decision-making core employs a Knowledge-Based System (KBS) that compares each player's action to the official algorithm. Throughout the game, feedback is provided—brief messages and sounds that confirm the action taken—and at the end, a report is generated. This report is a synthetic summary highlighting correct actions, mistakes, and omissions. Although it does not yet assess motor skills, SAV-me has proven to be an accessible and reliable solution for frequent refreshers of theoretical ACLS knowledge, complementing—but not replacing—hands-on training. **Results and Discussion:** The results indicate that SAV-me is a promising tool for evaluating theoretical knowledge in ACLS. The implementation of a KBS allowed for objective and structured assessment, ensuring standardization and reliability in performance evaluation. SAV-me intelligent model provides feedback during and after gameplay—a summary report of correct and incorrect responses and omissions. This mechanism accelerated self-correction, increased engagement, and kept training costs low thanks to mobile distribution. **Conclusion:** SAV-me achieved all its goals by operationalizing theoretical evaluation criteria in a KBS aligned with AHA algorithms. The automatic evaluation provides feedback highly consistent with that of specialists. The proposed assessment model not only ensures reliability of results but also contributes to a more autonomous, interactive, and motivating learning experience, making training more accessible and effective for healthcare professionals. Explicit rules ensure transparency and allow for quick updates when new guidelines are released. The game complements but does not replace in-person training; practices requiring motor skills assessment cannot be addressed in SAV-me. Distributed on mobile devices, it reduces costs and proves to be an excellent alternative to the logistical limitations of in-person courses.

**Keywords:** Digital training, Educational games, Performance assessment, Advanced Cardiovascular Life Support.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – algoritmo de Suporte Avançado de Vida Cardiovascular da AHA.....	22
Figura 2 – cadeia de sobrevivência em ressuscitação cardiopulmonar .....	25
Figura 3 – Etapas da pesquisa e desenvolvimento do SAV-me .....	43
Figura 4 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 1).....	50
Figura 5 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 2).....	50
Figura 6 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 3).....	51
Figura 7 – Etapa de tomada de decisão e provimento de <i>feedback</i> .....	52
Figura 8 – diagrama de fluxo de jogo da parte inicial do SAV-me .....	65
Figura 9 – diagrama de fluxo de jogo da parte principal do SAV-me .....	66
Figura 10 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo chocável e administração de adrenalina do SAV-me.....	67
Figura 11 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo chocável e administração de amiodarona do SAV-me .....	68
Figura 12 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo não-chocável de desfibrilação do SAV-me..	69
Figura 13 – Tela inicial do serious game SAV-me.....	77
Figura 14 – Tela de seleção de casos clínicos no SAV-me.....	78
Figura 15 – Interface do prontuário digital no SAV-me.....	78
Figura 16 – Interface do SAV-me, com destaque para o menu circular .....	79
Figura 17 – Tela de <i>feedback</i> do SAV-me – Desfecho clínico do paciente e Motivação e alertas ao usuário .....	82
Figura 18 – Tela de <i>feedback</i> final do SAV-me – Avaliação e relatório de desempenho .....	82
Figura 19 – Teste de validação do modelo inteligente.....	84

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Serious games com análise de desempenho em suporte avançado de vida cardiovascular.....	38
Quadro 2 – Estrutura das frases de <i>feedback</i> no SAV-me .....	52
Quadro 3 – Frases de avaliação utilizadas no relatório estruturado .....	55
Quadro 4 – Perfis clínicos e sequência de procedimentos nos casos do SAV-me .....	70
Quadro 5 – Opções do menu circular.....	79
Quadro 6 – Estrutura da avaliação <i>online</i> no SAV-me.....	84

## LISTA DE SIGLAS

ACE – Atendimento Cardiovascular de Emergência  
AHA – *American Heart Association*  
INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
JHI – *Journal of Health Informatics*  
LabTEVE – Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística  
LACC – Liga de Cardiologia e Cirurgia Cardíaca  
NPC – *Non-playable character*  
ONR – Ordem de não-reanimação  
PCR – Parada cardiorrespiratória  
PPgI – Programa de Pós-graduação em Informática  
PPgMDS – Programa de Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde  
RCE – Retorno da Circulação Espontânea  
RCP – Reanimação cardiopulmonar  
SAVC – Suporte avançado de vida cardiovascular  
SBC – Sistema baseado em conhecimento  
SBR – Sistema baseado em regras  
SBV – Suporte básico de vida  
SEs – Sistemas Especialistas  
SG – *Serious game*  
UFPB – Universidade Federal da Paraíba

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1. Contexto .....	13
1.2. Justificativa .....	14
1.3. Objetivos .....	16
1.3.1. Geral .....	16
1.3.2. Específicos .....	17
1.4. Problema de pesquisa .....	17
1.5. Contribuições deste trabalho .....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	21
2.1. O protocolo de Suporte Avançado de Vida Cardiovascular.....	21
2.1.1. O treinamento e a avaliação em Suporte Avançado de Vida Cardiovascular .....	23
2.2. <i>Serious Games</i> : conceito e aplicações na educação em saúde e em Suporte Avançado de Vida Cardiovascular.....	25
2.2.1. A avaliação do usuário e os modelos inteligentes .....	28
2.2.1.1. Modelos inteligentes que se utilizam de regras formais.....	31
2.2.1.1.1. Modelagem de regras formais conforme lógica clássica e lógica <i>fuzzy</i> .....	33
2.2.1.2. Modelos inteligentes de aprendizado de máquina.....	37
2.2.1.3. Modelos inteligentes em <i>Serious Games</i> para Suporte Avançado de Vida Cardiovascular e para a grande área da saúde.....	38
2.2.2. O desenvolvimento de <i>serious games</i> para a educação em saúde.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	43
3.1. Tipo de pesquisa.....	43
3.2. Local de realização.....	43
3.3. Estrutura da pesquisa.....	43
3.3.1. Planejamento .....	44
3.3.2. Prototipagem .....	45
3.3.3. Produção da primeira versão jogável .....	45
3.4. Modelo de avaliação <i>online</i> .....	45
3.5. Aspectos éticos.....	46
4. O MODELO INTELIGENTE .....	47
4.1. Desenvolvimento do Modelo inteligente .....	48
4.2. O <i>feedback</i> .....	52
4.3. Diferenciais e inovações.....	60
5. O SAV-ME: CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTAÇÃO, MODELAGEM DE FLUXO DE JOGO E PERFIS .....	62
5.1. Fluxo dos casos .....	64
5.2. Perfis dos casos .....	70
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	77



6.1. Sobre o modelo inteligente.....	83
6.2. Considerações .....	88
7. CONCLUSÕES.....	91
7.1. Trabalhos correlatos na instituição.....	92
REFERÊNCIAS .....	93
APÊNDICE A – ESTUDO DE REVISÃO DE ESCOPO REALIZADO .....	98
APÊNDICE B – REGRAS FORMAIS DO MODELO INTELIGENTE DO SAV-ME .....	110
ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP).....	130

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Contexto

O suporte avançado de vida cardiovascular (SAVC) consiste em um conjunto de práticas e ações organizadas, direcionadas à prestação de cuidados de emergência avançados para pacientes acometidos por problemas cardíacos. A principal finalidade do SAVC é regular a pressão e o ritmo do coração para manter o organismo do paciente estável. Para alcançar esse objetivo, é essencial que haja uma atuação conjunta e coordenada entre os membros da equipe de código azul (grupo de profissionais de saúde responsáveis pelo atendimento imediato a vítimas de parada cardiorrespiratória (PCR) e outras emergências médicas críticas no ambiente hospitalar) (AHA, 2020; AEHLERT, 2016).

O gerenciamento de emergências em SAVC exige tanto a manutenção de conhecimentos teóricos quanto a prática de habilidades técnicas. Contudo, para preservar essas competências, é fundamental que os profissionais de saúde realizem treinamentos regulares. Estudos mostram que habilidades relacionadas ao SAVC podem se deteriorar com o tempo (CARVAJAL et al., 2019; BHAVAR et al., 2021), sendo necessário que os profissionais de saúde se mantenham atualizados e aptos a agir em situações críticas. Nesta área, as ações educacionais incluem treinamentos e capacitações específicas. Para que sejam eficazes, tais treinamentos devem incluir elementos como *feedback* (que nada mais são do que dados obtidos a partir da comparação do desempenho do estudante com padrões de referência), *debriefing* (se caracteriza como uma discussão estruturada de cunho reflexivo e norteadas por um facilitador, instrutor ou professor), modalidades variadas de aprendizado, inovação tecnológica e avaliações regulares. Além disso, é necessário considerar estratégias de implementação local, como a tradução de conhecimento em prática efetiva (CHENG et al., 2018; EPSTEIN, 2007).

No treinamento em SAVC, o uso do *feedback* e da avaliação é essencial. O *feedback* aliado à análise de progresso desempenha um papel crucial na evolução do aprendiz (EPSTEIN, 2007). Esses elementos ajudam na aquisição e na retenção de competências essenciais para a execução do SAVC (CHENG et al., 2018). A avaliação, nesse contexto, é mais do que um instrumento de mensuração: é uma ferramenta regulatória no processo de ensino-aprendizagem. Ao ser contínua e focada no fornecimento de *feedback*, ela fomenta a capacidade de autogerenciamento dos estudantes, tornando-os mais preparados para situações práticas complexas (BORGES et al., 2014).

Embora necessários, os treinamentos tradicionais podem ser onerosos, especialmente quando o profissional ou aluno deseja realizá-los repetidas vezes para reforçar o conhecimento

teórico (MORI; WHITAKER; MARIN 2011). Isso destaca a necessidade de ferramentas complementares que favoreçam a solidificação e a retenção do conhecimento, possibilitem a repetição de cenários simulados de SAVC a custos reduzidos e ofereçam análise de desempenho com *feedback*. Essas ferramentas devem ser acessíveis, viabilizar o uso contínuo pelos profissionais e garantir avaliação de desempenho de maneira prática e econômica.

Nesse contexto, os *serious games* (SGs) surgem como uma alternativa promissora para complementar o treinamento em SAVC (SIQUEIRA et al., 2020). Essa categoria de jogos digitais combina elementos lúdicos com objetivos educacionais e/ou de aplicação prática na saúde (DÖRNER et al., 2016). Além disso, sua compatibilidade com dispositivos móveis, como celulares, pode tornar esses SGs mais acessíveis, considerando a ampla utilização desses dispositivos na atualidade. Essa característica adicional pode contribuir para que esses jogos sejam utilizados com maior frequência, oferecendo uma alternativa de aprendizado contínuo e sem os custos adicionais associados à repetição, como os que normalmente ocorrem em treinamentos tradicionais.

A integração de modelos inteligentes em SGs pode oferecer suporte significativo ao desempenho dos usuários. Esses modelos fornecem análises das ações do usuário quase instantâneas e *feedback* imediato sobre seu desempenho, geralmente em menos de um segundo após a realização das atividades, o que Machado e Moraes (2012) definem como avaliação *online*. Essa agilidade permite que os usuários analisem seus erros e decisões de forma imediata, enquanto a memória das ações ainda está fresca. Tal abordagem contrasta com os métodos tradicionais, como análises baseadas em vídeos, que podem dias ou semanas para serem processadas e revisadas (MACHADO; MORAES, 2012).

Por fim, considerando que a prática do SAVC exige a manutenção do conhecimento teórico, apresentamos uma proposta de pesquisa que propõe e implementa o SG SAV-me para dispositivos móveis como ferramenta de apoio ao treinamento em SAVC. Este recurso é concebido como um complemento à aprendizagem na área médica, com o potencial de oferecer maior acessibilidade e redução de custos. Assim, esta pesquisa teve como objetivo investigar a viabilidade do uso do SG como ferramenta complementar ao treinamento tradicional em SAVC. O foco está na capacidade do jogo de avaliar de forma *online* o desempenho dos jogadores em cenários simulados, utilizando um modelo inteligente que propicie ao usuário a reflexão sobre as ações realizadas.

## 1.2. Justificativa

Evidências sugerem deterioração ou diminuição dos conhecimentos e habilidades em SAVC em até 30 dias ou seis meses após a realização de cursos de capacitação. Esse cenário torna imprescindível que profissionais e estudantes busquem a manutenção do conhecimento em SAVC, por meio de maior contato com os procedimentos e da repetição de treinamentos, bem como de outras ações educacionais (CARVAJAL et al., 2019; BHAVAR et al., 2021).

Entre as estratégias de capacitação, destacam-se as modalidades presencial, híbrida e *online* como formas eficazes de promover a aprendizagem em suporte à vida. Um estudo de revisão sistemática que comparou diferentes metodologias de treinamento em reanimação cardiopulmonar (RCP) concluiu que métodos alternativos, como os formatos *online* e híbrido, podem ser recursos tão eficazes quanto a modalidade presencial tradicional (ALI et al., 2021).

Embora os treinamentos presenciais sejam amplamente reconhecidos como essenciais, eles apresentam desafios significativos, como custos elevados e limitações logísticas. Essas barreiras tornam ainda mais relevante explorar alternativas, especialmente quando se considera a necessidade de aprendizagem repetitiva para reforçar o conhecimento e consolidar conteúdos pedagógicos (MORI; WHITAKER, 2011). Nesse contexto, o uso de treinamentos *online*, como SGs, surge como uma opção para capacitação em SAVC. SGs combinam o caráter lúdico dos jogos com objetivos educacionais, proporcionando uma abordagem inovadora para a aprendizagem (SIQUEIRA et al., 2020; DÖRNER et al., 2016).

A integração de SGs a plataformas móveis representa uma oportunidade promissora para ampliar o acesso a treinamentos em SAVC. A popularização dos dispositivos móveis oferece condições ideais para que os usuários realizem re-testes de forma ilimitada e sem os custos adicionais típicos dos treinamentos presenciais. Além disso, esses dispositivos atendem às demandas tecnológicas necessárias para a implementação de um SG voltado ao treinamento teórico em SAVC, como telas sensíveis ao toque para a seleção da sequência correta de procedimentos, *feedback* por vibração para simulação de desfibrilação ou pulso cardíaco e recursos sonoros para reforço educacional.

A avaliação precisa e padronizada de estudantes da área da saúde é um desafio reconhecido (COSMAN et al., 2002). Nesse sentido, o uso de um sistema de avaliação *online* em SGs pode representar um diferencial significativo, eliminando, em parte, a necessidade de instrutores para supervisão contínua. Estudos indicam que há uma carência de ferramentas baseadas em evidências científicas que ofereçam *feedback* eficaz na área da saúde (ANDRADE et al., 2022). Ademais, ferramentas desse tipo podem mitigar incertezas frequentemente relatadas por estudantes de medicina nos estágios iniciais de sua formação (NEVALAINEN; MANTYRANTA; PITKALA, 2010).

Assim, esta dissertação aborda a concepção e implementação de um SG compatível com dispositivos móveis, destinado a complementar o treinamento em SAVC. O foco principal do trabalho reside na integração de um modelo inteligente que permita avaliar o desempenho de profissionais e estudantes da medicina em cenários simulados e fornecer *feedback*, com o objetivo de promover a reflexão crítica sobre as ações realizadas e apoiar a melhoria contínua no processo de tomada de decisão em saúde.

O modelo proposto visa não apenas mensurar o conhecimento teórico dos profissionais, mas também orientar o aprendizado por meio de um sistema ágil e padronizado, capaz de prover *feedback*. Tal abordagem se destaca como um recurso essencial para a educação médica, ao favorecer o autogerenciamento do aprendizado e possibilitar maior acessibilidade, redução de custos associados a re-testes e mitigação de lacunas frequentemente observadas nos treinamentos tradicionais de SAVC.

Além disso, destaca-se a escassez de SGs voltados ao SAVC que integrem cenários intra-hospitalares para fins educacionais (SIQUEIRA et al., 2020). Dessa forma, a proposta deste trabalho contempla o desenvolvimento de simulações abrangentes, incluindo cenários intra e extra-hospitalares, para oferecer uma visão completa das possíveis situações de aplicação prática do SAVC e melhorar a capacitação médica.

Por fim, a relevância desta pesquisa se justifica em três aspectos:

- Acadêmico: A proposta testa computacionalmente a aplicação de um modelo inteligente para avaliação *online* de desempenho em cenários simulados de SAVC, integrando cenários intra e extra-hospitalares, além de investigar sua viabilidade como ferramenta complementar ao treinamento tradicional.
- Para a área da saúde: Ao trazer uma abordagem inovadora e tecnológica, o estudo visa complementar os treinamentos tradicionais, oferecendo maior acessibilidade e redução de custos.
- Social: A ferramenta pode contribuir para a formação de profissionais mais qualificados, atendendo às demandas do mercado de trabalho.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Geral

Desenvolver um SG como ferramenta complementar ao treinamento tradicional em suporte avançado de vida cardiovascular, integrando um modelo inteligente para avaliar o conhecimento teórico dos usuários em SAVC.

### 1.3.2. Específicos

- Estabelecer, em colaboração com especialistas em suporte à vida, critérios objetivos para avaliar o conhecimento teórico sobre algoritmos de SAVC para adultos.
- Realizar revisão da literatura a fim de identificar e classificar modelos de inteligência aplicáveis a SG em suporte à vida, especialmente aqueles voltados à avaliação de conhecimentos clínicos.
- Projetar, desenvolver e integrar a um SG um modelo inteligente capaz de realizar a avaliação *online* do conhecimento teórico dos usuários em SAVC.
- Validar o modelo implementado, examinando sua precisão, consistência e utilidade educacional por meio de experimentos controlados e da comparação com a avaliação de especialistas.

### 1.4. Problema de pesquisa

Um dos fatores cruciais para o sucesso de procedimentos de suporte à vida, como o SAVC, é o conhecimento teórico e as habilidades técnicas das equipes de código azul. Entretanto, estudos apontam que o conhecimento adquirido em treinamentos pode se deteriorar com o tempo, evidenciando a importância de ações educacionais em saúde para consolidar o aprendizado e melhorar as taxas de sucesso em manobras de RCP (LIMA et al., 2009).

Embora os treinamentos tradicionais sejam amplamente utilizados para qualificação, eles apresentam desafios significativos. Além de serem onerosos, especialmente para indivíduos que precisam realizar re-testes, esses treinamentos frequentemente dependem de infraestrutura específica, como laboratórios, certificação de materiais, instrutores qualificados e equipamentos que sofrem desgaste com o uso contínuo (MORI; WHITAKER, 2011; MACHADO et al., 2011). No contexto desses treinamentos, a avaliação desempenha um papel essencial como componente regulatório do processo de ensino-aprendizagem (CHENG et al., 2018). Adicionalmente, o uso de *feedback* tem se mostrado fundamental para promover a reflexão crítica e o autogerenciamento do aprendizado (BORGES et al., 2014). No entanto, na área da saúde, as avaliações (*offline*, que remete a avaliações no qual a tomada de decisão é feita por especialistas humanos) frequentemente carecem de objetividade, sendo influenciadas por critérios subjetivos que variam entre os avaliadores (COSMAN et al., 2002; MACHADO et al., 2012).

A integração de modelos inteligentes a SGs proporciona uma solução eficaz para

avaliações objetivas e o fornecimento de *feedback*. Esses modelos permitem uma tomada de decisão padronizada, imparcial e assertiva, otimizando o aprendizado e a aplicação prática na área da saúde (MACHADO et al., 2011; MACHADO et al., 2018). Além disso, considerando a necessidade de re-testes com custos reduzidos, as plataformas móveis apresentam-se como um recurso ideal. A ampla popularização desses dispositivos, aliada às suas capacidades tecnológicas, possibilita a implementação de SGs para o treinamento teórico em SAVC, oferecendo análise de desempenho e *feedback* em um ambiente acessível e dinâmico, por meio da avaliação *online*.

Nesse sentido, a presente dissertação inova ao propor uma abordagem computacional baseada em SGs compatíveis com dispositivos móveis, concebida para complementar o treinamento tradicional em SAVC. A ferramenta desenvolvida não apenas possibilita a manutenção do conhecimento teórico, mas também inclui cenários intra e extra-hospitalares, ampliando sua aplicabilidade prática. Além disso, o SG avalia o desempenho teórico dos usuários e fornece *feedback* com base em deficiências identificadas, utilizando um modelo inteligente integrado.

A proposta também apresenta um caráter inovador ao reunir regras de avaliação de desempenho teórico de profissionais no contexto do SAVC, desenvolvidas a partir de uma revisão da literatura e da contribuição de especialistas médicos. Essa abordagem possibilita a implementação de um sistema de tomada de decisão automatizado, que reforça a objetividade e a eficácia na avaliação do aprendizado.

### **1.5. Contribuições deste trabalho**

Esta dissertação apresenta contribuições tanto para as áreas de ciências exatas quanto para a saúde, alinhando abordagens computacionais a necessidades práticas de treinamento em SAVC. As principais contribuições podem ser destacadas nos seguintes aspectos:

- Tradução do protocolo clínico em regras objetivas de avaliação: o estudo contribui para a sistematização e padronização da avaliação em SAVC ao traduzir protocolos clínicos estabelecidos em regras computacionais para um modelo inteligente. Essa tradução foi elaborada com base em uma revisão aprofundada da literatura e na contribuição de especialistas médicos, garantindo que o modelo seja cientificamente fundamentado e aplicado a cenários clínicos reais.
- Implementação de um modelo inteligente: A concepção de um modelo inteligente integrado ao SG representa um avanço no campo da educação em saúde. Esse modelo

avalia de forma *online* e objetiva o desempenho do usuário em cenários simulados de SAVC, permitindo que o *feedback* seja específico, direcionado e útil para a reflexão e o autogerenciamento do aprendizado. Essa abordagem promove uma tomada de decisão precisa, padronizada e imparcial, com impacto direto na qualidade da formação dos profissionais de saúde.

- Proposição de uma ferramenta educacional diferenciada: O SG SAV-me desenvolvido nesta dissertação diferencia-se por integrar cenários intra e extra-hospitalares, ampliando sua aplicabilidade prática e fornecendo uma visão abrangente das situações enfrentadas pelos profissionais. Além disso, o foco na avaliação do indivíduo e no autogerenciamento do aprendizado confere à ferramenta um caráter singular, oferecendo maior independência ao usuário no processo de consolidação do conhecimento.
- Acessibilidade e redução de custos no treinamento em SAVC: A integração do SG a dispositivos móveis representa uma solução acessível e econômica, considerando a popularização desses dispositivos e sua ampla utilização. Essa configuração permite que os usuários realizem re-testes sem custos adicionais, reduzindo as barreiras financeiras e logísticas associadas aos treinamentos tradicionais. Assim, o estudo contribui para democratizar o acesso à capacitação em SAVC, especialmente em contextos onde os recursos para treinamentos presenciais são limitados.
- Viabilidade do uso de SGs para treinamento em saúde: Este estudo avalia a viabilidade do uso de SGs para complementar o treinamento tradicional em SAVC. A pesquisa explora a capacidade do SG em consolidar o conhecimento teórico, avaliar o desempenho dos usuários e fornecer *feedback*, criando uma alternativa robusta e inovadora para o treinamento continuado em saúde. Ao demonstrar essa viabilidade, o trabalho contribui para expandir as possibilidades de uso de ferramentas digitais na formação profissional.
- Conexão entre ciências exatas e ciências da saúde: A proposta integra conceitos das ciências exatas, como modelagem de decisão e desenvolvimento de sistemas computacionais, com demandas práticas da saúde, como a capacitação em procedimentos de alta criticidade. Essa intersecção reforça o caráter multidisciplinar do trabalho e amplia seu impacto, tanto no avanço tecnológico quanto na melhoria da educação e prática em saúde.

Em síntese, esta dissertação oferece uma solução inovadora para os desafios do



treinamento em SAVC, contribuindo para melhorar a formação de profissionais de saúde, reduzir custos e ampliar a acessibilidade ao aprendizado. Além disso, o estudo apresenta uma abordagem rigorosa e fundamentada, que pode ser adaptada e replicada em outros contextos de ensino e avaliação na área da saúde.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. O protocolo de Suporte Avançado de Vida Cardiovascular

No contexto do SAVC, profissionais de saúde, como médicos e enfermeiros, empregam um conjunto de procedimentos destinados ao atendimento de indivíduos em situações de urgência e emergência cardiovascular de nível avançado. Para isso, utilizam técnicas como compressões torácicas eficazes, desfibrilação quando indicada, administração de drogas vasoativas, manejo avançado da via aérea, entre outras intervenções essenciais para a estabilização do paciente (AEHLERT, 2016).

A prática do SAVC é amplamente baseada em algoritmos padronizados, descritos em protocolos e diretrizes institucionais. No Brasil, um exemplo relevante é o Protocolo de Suporte Avançado de Vida (SAV) do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), que, além do SAVC, contempla uma série de algoritmos voltados para diferentes quadros clínicos que demandam suporte avançado. Muitos desses protocolos seguem as diretrizes estabelecidas pela *American Heart Association* (AHA), uma das principais referências científicas em RCP e Atendimento Cardiovascular de Emergência (ACE) para o contexto de saúde das Américas (AHA, 2020). No entanto, é importante ressaltar que existem outras iniciativas voltadas à padronização dos protocolos de suporte à vida, como é o caso do *European Resuscitation Council* (ERC), cujas diretrizes são mais utilizadas no contexto europeu.

A adoção de protocolos de SAVC é fundamental para aumentar as chances de um desfecho clínico favorável em pacientes que necessitam de suporte avançado. Evidências indicam que a aplicação rigorosa dessas diretrizes está associada a melhores taxas de Retorno da Circulação Espontânea (RCE), favorecendo a estabilidade da pressão e do ritmo do coração do paciente e reduzindo complicações decorrentes da PCR (MCEVOY et al., 2014).

Além disso, estudos demonstram que desvios na execução dos algoritmos do SAVC podem comprometer significativamente os desfechos clínicos. Pesquisas apontam que a não adesão aos protocolos está correlacionada à redução dos índices de RCE e ao aumento do risco de comprometimentos neurológicos em pacientes pós-PCR, reforçando a importância da adoção rigorosa dessas diretrizes para a prática clínica no ACE (CROWLEY; SALCICCIOLI; KIM, 2020).

Na Figura 1, apresenta-se um fluxograma amplamente reconhecido internacionalmente, detalhando, passo a passo, a sequência de procedimentos recomendados pelo protocolo de SAVC da AHA (2020). Esse fluxograma visa padronizar a conduta dos profissionais de saúde, garantindo maior eficiência no ACE.

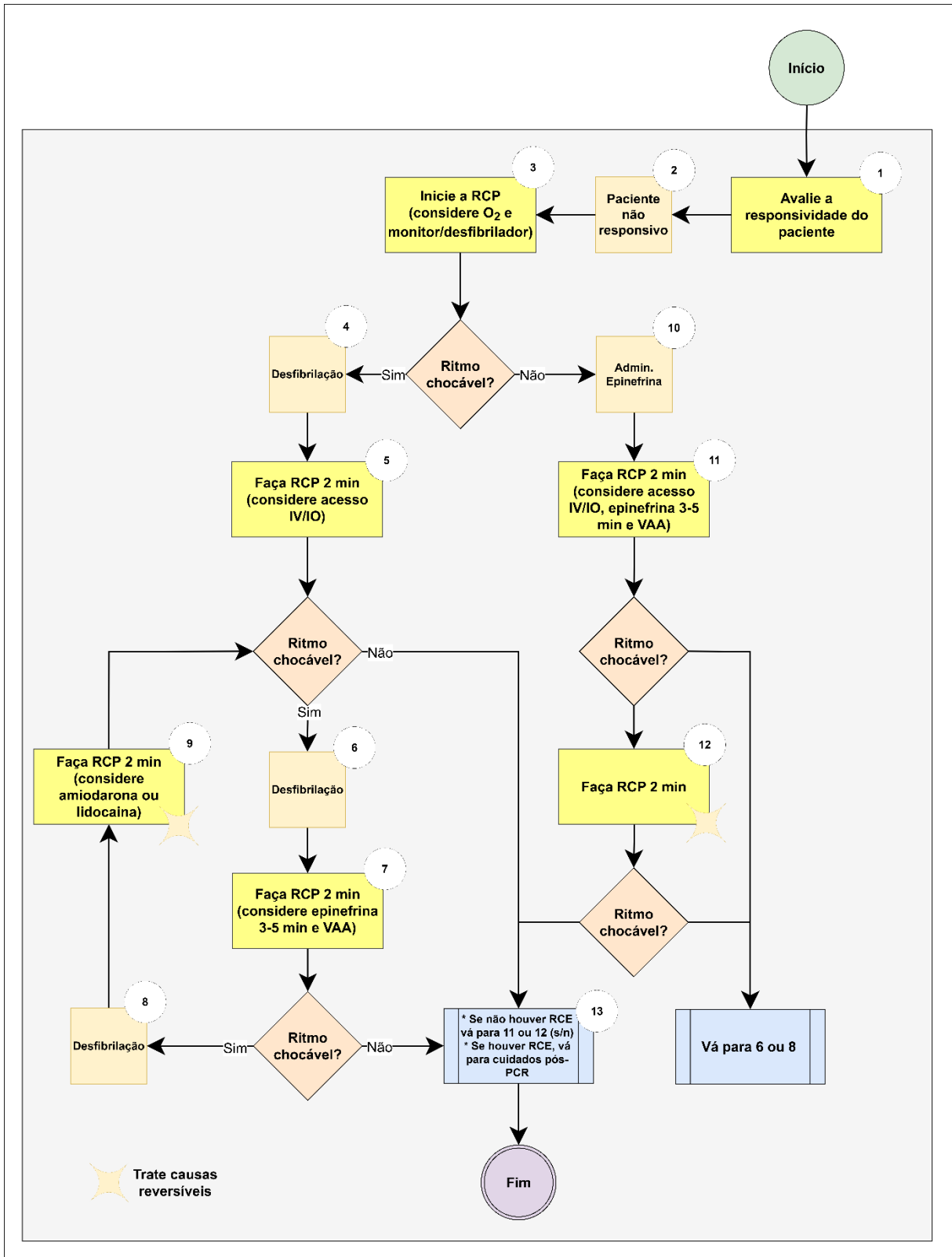


Figura 1 – algoritmo de Suporte Avançado de Vida Cardiovascular da AHA.  
Fonte: Adaptado de AHA (2020).

O fluxograma apresentado descreve o algoritmo de atendimento em casos de PCR em adultos com base no protocolo de SAVC da AHA (2020). Esse algoritmo orienta a equipe de saúde na execução de manobras organizadas e sistemáticas para restaurar a circulação espontânea do paciente, com base em diferentes condições clínicas.

Após confirmar a ausência de resposta do paciente, o atendimento inicia-se imediatamente com compressões torácicas de alta qualidade e administração de oxigênio, simultaneamente à monitorização do ritmo cardíaco e, quando indicado, ao preparo do desfibrilador. A partir da análise do ritmo, o algoritmo segue dois fluxos principais: ritmos chocáveis — fibrilação ventricular e taquicardia ventricular sem pulso — e ritmos não chocáveis — assistolia e atividade elétrica sem pulso.

Nos ritmos chocáveis, a desfibrilação é prioritária e alterna-se com ciclos de RCP na proporção de 30 compressões para duas ventilações. Entre os choques, administram-se medicamentos em intervalos definidos: epinefrina 1 mg a cada 3–5 min; amiodarona, 300 mg na primeira dose e 150 mg na segunda; ou, como alternativa à amiodarona, lidocaína 1–1,5 mg/kg na primeira dose e 0,5–0,75 mg/kg na segunda. Nos ritmos não chocáveis, a epinefrina é administrada o quanto antes, enquanto a equipe se dedica à identificação e correção das causas reversíveis da parada — por exemplo, hipóxia, hipovolemia, tamponamento cardíaco ou trombose.

Em ambos os cenários, o protocolo enfatiza a qualidade da RCP: compressões eficazes, interrupções mínimas e uso de capnografia para aferir a eficácia das manobras e monitorar a ventilação — que, após via aérea avançada, deve ocorrer a uma frequência de 10 incursões por minuto (uma ventilação a cada seis segundos).

Por fim, o fluxograma inclui etapas para avaliar a presença de RCE, que é marcada por sinais como aumento da pressão arterial e presença de ondas de pressão arterial. Caso o RCE seja alcançado, o atendimento evolui para os cuidados pós-PCR, enquanto a ausência de sinais pode levar à reavaliação do esforço de RCP, considerando o contexto clínico.

#### 2.1.1. O treinamento e a avaliação em Suporte Avançado de Vida Cardiovascular

Os métodos de avaliação no contexto do SAVC desempenham um papel fundamental na capacitação dos profissionais e na otimização dos desfechos clínicos. A eficácia dos treinamentos de RCP está diretamente relacionada à implementação de estratégias educacionais bem estruturadas, que incluem métodos rigorosos de avaliação. Para garantir a aquisição e retenção das habilidades necessárias, são utilizados métodos baseados na aprendizagem por

domínio e na prática deliberada. Essa abordagem permite que os profissionais desenvolvam competências críticas antes de serem considerados aptos para a atuação clínica, sendo submetidos a testes formativos e avaliações. Com isso, busca-se assegurar que os participantes atinjam um desempenho mínimo aceitável em procedimentos essenciais, como compressões torácicas de alta qualidade, administração precisa de fármacos e reconhecimento correto dos ritmos cardíacos (CHENG et al., 2018).

Além disso, a utilização de simulações realísticas tem sido amplamente empregada como ferramenta de avaliação no SAVC. Essas simulações permitem que os participantes tomem decisões em tempo real em um ambiente controlado, sendo avaliados por métricas objetivas, como tempo de resposta, adesão a protocolos e qualidade das intervenções realizadas. No entanto, estudos indicam que a retenção das habilidades adquiridas durante treinamentos de SAVC tende a diminuir ao longo do tempo, o que ressalta a importância da avaliação e do reforço periódico do aprendizado por meio de estratégias como práticas espaçadas e *debriefings* pós-evento (CHENG et al., 2018; CARVAJAL et al., 2019; BHAVAR et al., 2021).

Outro elemento essencial na avaliação do desempenho em SAVC é o uso de dispositivos de *feedback*, como monitores de compressão torácica, que fornecem dados em tempo real sobre a profundidade e a frequência das compressões. Esses dispositivos auxiliam na correção imediata de erros, permitindo que os profissionais ajustem suas técnicas conforme necessário. Além disso, a integração de instrumentos padronizados, como a *Observational Skill-Based Clinical Assessment Tool for Resuscitation* (OSCAR) e a *Emergency Response Performance Tool* (ERPT), possibilita avaliações mais objetivas e consistentes da competência dos profissionais, garantindo que o treinamento seja baseado em critérios bem definidos (CHENG et al., 2018; WALKER et al., 2011; ARNOLD et al., 2009).

Na Figura 2, é apresentada a cadeia de sobrevivência, um modelo que sintetiza as etapas essenciais para melhorar os desfechos em casos de PCR. Esse conceito reforça a importância da atuação coordenada entre reconhecimento precoce da PCR, atendimento inicial imediato, suporte avançado de vida e cuidados pós-RCP. A eficácia dessa cadeia depende diretamente da capacitação dos profissionais envolvidos, tornando a avaliação do desempenho um componente essencial do treinamento (CHENG et al., 2018).

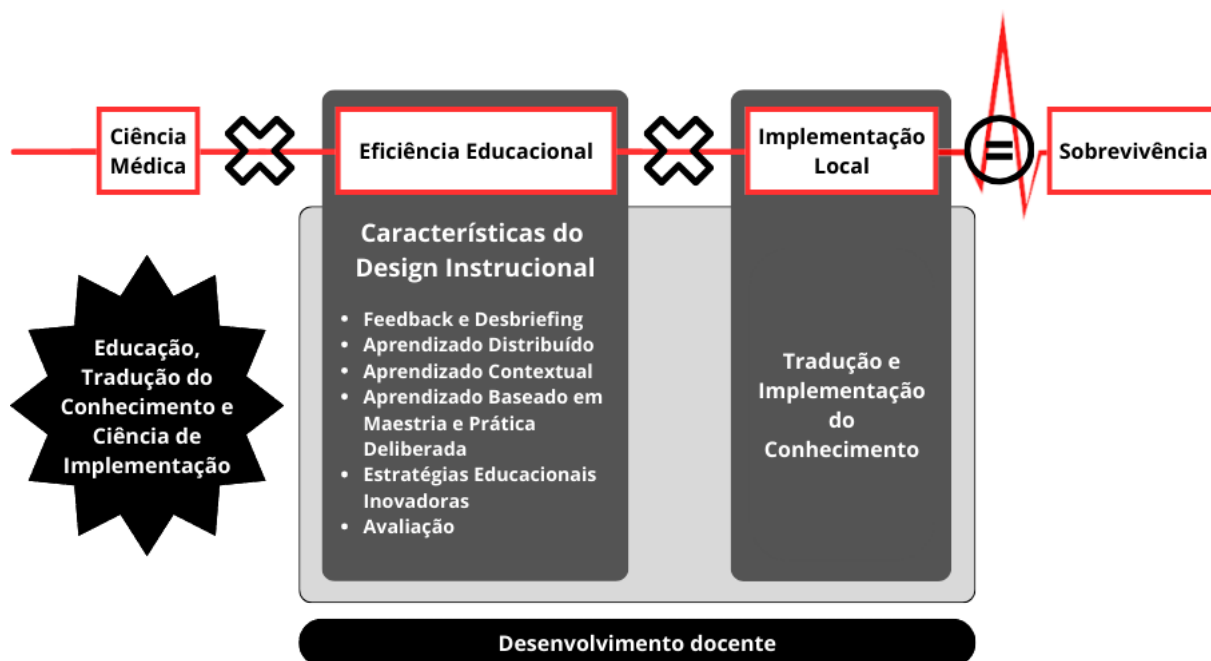


Figura 2 – cadeia de sobrevivência em ressuscitação cardiopulmonar.

Fonte: Adaptado de Cheng et al. (2018).

Nesse contexto, outros instrumentos como o *Ottawa Global Rating Scale* (OGRS) e o *Mayo High-Performance Teamwork Scale* são utilizados para avaliar a capacidade técnica e não técnica dos profissionais, abrangendo desde a tomada de decisão clínica até a liderança e o trabalho em equipe (CHENG et al., 2018; KIM et al., 2009; MALEC et al., 2007). Esses instrumentos baseiam-se em escalas de pontuação que classificam a performance dos profissionais, determinando se atingem ou não o nível mínimo de competência esperado.

A aprovação ou reprovação nos treinamentos de SAVC segue um modelo estruturado, no qual os participantes são avaliados por meio de testes objetivos e práticos. Critérios como tempo de resposta, qualidade das compressões e adesão aos protocolos clínicos são considerados na definição dos escores de aprovação. Caso o profissional não atinja o padrão mínimo exigido, estratégias como prática deliberada e repetição supervisionada devem ser adotadas para garantir que a habilidade seja aprimorada antes da certificação final. Essa abordagem visa assegurar que apenas profissionais devidamente qualificados estejam aptos a atuar em cenários reais de emergência, reduzindo a variabilidade nos desfechos clínicos e promovendo um atendimento mais eficiente e seguro (CHENG et al., 2018).

## 2.2. *Serious Games*: conceito e aplicações na educação em saúde e em Suporte Avançado de Vida Cardiovascular

Os SGs são jogos digitais desenvolvidos para além do entretenimento, com a finalidade

de promover aprendizado, treinamento profissional e simulações interativas. Essas aplicações combinam elementos lúdicos com propósitos educacionais, permitindo a aquisição e reforço de conhecimentos de maneira envolvente e eficaz. A interatividade e a imersão proporcionadas pelos SGs os tornam ferramentas valiosas para o ensino e capacitação em diversas áreas, incluindo saúde e educação (LAMB, 2024; COSTA, 2024).

A principal vantagem dos SGs em relação a outras metodologias de ensino está na capacidade de criar ambientes controlados e imersivos, permitindo que o usuário experimente, cometa erros e aprenda sem as consequências de um erro real. Essa característica é especialmente relevante na educação em saúde, onde a prática clínica exige precisão e tomada de decisão baseada em protocolos estabelecidos. Estudos indicam que o uso de SGs contribui significativamente para a aprendizagem, promovendo um ensino mais dinâmico, interativo e alinhado às necessidades educacionais da área da saúde (NASCIMENTO et al., 2021). Os SGs não apenas auxiliam na capacitação de profissionais da saúde, como também contribuem para o desenvolvimento de habilidades analíticas, espaciais, psicomotoras e estratégicas, tornando o aprendizado mais dinâmico e eficaz. Além disso, pesquisas apontam que essas ferramentas desempenham um papel relevante no aprendizado motor e na neuroplasticidade, sendo especialmente benéficas para pacientes em reabilitação neurológica, ao promover estímulos que favorecem a recuperação funcional e a adaptação cerebral (BRAGA; LOPES; MACHADO, 2023).

O impacto positivo dos SGs no aprendizado está associado a princípios de design que estimulam o engajamento do usuário. A teoria do estado de fluxo, descrita por Csikszentmihalyi (1993), explica como um indivíduo pode se tornar completamente imerso em uma atividade, aumentando a retenção do conhecimento e a aplicação prática dos conteúdos aprendidos. Essa imersão ocorre porque os jogos digitais são projetados com base em metodologias que incentivam a participação ativa e o aprendizado contínuo, o que os torna ferramentas promissoras para o ensino e a capacitação profissional (SÖBKE; ARNOLD; MONTAG, 2020). Embora os SGs não substituam os treinamentos tradicionais, como os cursos de ACE fundamentados nos protocolos de SAVC, eles podem atuar como ferramentas complementares (MENDES et al., 2022). A utilização de SGs no ensino de habilidades médicas tem sido explorada em diversas pesquisas, evidenciando sua eficácia na retenção do conhecimento e na melhora da formação profissional (MACHADO; COSTA; MORAES, 2018).

Entretanto, para que os SGs sejam efetivos na educação em saúde, é essencial preparar instrutores e docentes para a adoção dessas tecnologias. O sucesso da implementação de um SG não depende apenas da qualidade da ferramenta, mas também de sua integração ao contexto

educacional. Dessa forma, estratégias pedagógicas devem ser planejadas para garantir seu uso adequado e maximizar seu impacto na aprendizagem (MATIAS et al., 2024). Apesar do potencial dos SGs na educação em saúde, sua adoção ainda é limitada. No contexto deste estudo, identificou-se uma escassez de SGs voltados ao treinamento em SAVC, especialmente aqueles desenvolvidos para dispositivos móveis. Para compreender melhor esse cenário, foi realizada uma revisão integrativa da literatura (MATIAS et al., 2024) com o objetivo de identificar as potencialidades e desafios que permeiam o uso de SGs e simuladores para treinamento em suporte de vida. Os achados da revisão revelaram que apenas um estudo apresentava um SG voltado ao treinamento em SAVC (BUTTUSSI et al., 2013). No entanto, esse jogo apresenta limitações consideráveis, pois foi desenvolvido em 2013 e não acompanhou as atualizações dos protocolos de SAVC publicadas nos anos seguintes. Além disso, sua aplicação se restringe ao atendimento extra-hospitalar, deixando de contemplar cenários intra-hospitalares, que possuem dinâmicas próprias e igualmente relevantes no ACE. Outro ponto crítico é que esse SG foi desenvolvido para plataformas que não possuem a popularidade dos dispositivos móveis, reduzindo seu potencial de disseminação.

Além das limitações tecnológicas e contextuais, a revisão também evidenciou a ausência de um modelo robusto de avaliação de desempenho do usuário no SG identificado. Embora o estudo mencione que o jogo fornece *feedback* em tempo real, não há detalhes sobre como esse retorno é estruturado. Esse ponto é crítico, pois *feedbacks* fornecidos durante a execução das atividades podem não ser eficazes para promover a reflexão sobre erros cometidos, dado que o usuário já estará ocupado executando as tarefas do jogo. Além disso, não há menção à existência de um modelo que avalie sistematicamente o desempenho do usuário, o que compromete a função avaliativa do SG.

Os SGs não apenas podem ser utilizados para a capacitação em saúde, mas também representam uma oportunidade para a avaliação do desempenho do aprendiz. Sistemas computacionais podem fornecer *feedback* baseado em parâmetros objetivos, otimizando a aprendizagem e permitindo uma avaliação mais precisa da progressão do usuário (MACHADO et al., 2018; MACHADO et al., 2012). Na área da saúde, um dos desafios históricos é a dificuldade de padronizar a avaliação de estudantes, pois as métricas frequentemente envolvem aspectos subjetivos e variáveis conforme o avaliador (COSMAN et al., 2002). Nesse sentido, um modelo computacional pode contribuir significativamente para tornar a avaliação mais objetiva e uniforme, eliminando vieses e permitindo que o usuário compreenda de forma clara seus erros e acertos.

Além disso, a revisão integrativa revelou que apenas dois estudos abordavam SGs



voltados para a plataforma *mobile*, uma das tecnologias mais populares da atualidade (LUKOSCH et al., 2018; BOADA et al., 2016). No entanto, nenhum deles se propôs ao desenvolvimento de uma ferramenta para o treinamento em SAVC, reforçando a lacuna existente nessa área. O uso de dispositivos móveis pode ser um diferencial, pois possibilita um treinamento mais acessível, além de favorecer a imersão do usuário, fatores essenciais para o aprimoramento das competências exigidas no ACE.

Os SGs têm se consolidado como ferramentas promissoras na educação em saúde, oferecendo um ambiente seguro para a experimentação, aprendizado e desenvolvimento de habilidades críticas para a prática clínica. No contexto do SAVC, essas ferramentas podem atuar como complementos eficazes aos treinamentos tradicionais, desde que sejam cientificamente embasadas e integradas a modelos de avaliação robustos. Entretanto, os achados da revisão integrativa demonstram uma escassez de SGs voltados ao treinamento em SAVC, especialmente para plataformas móveis, que poderiam ampliar o acesso e a aplicabilidade desses jogos no ensino e na prática profissional. Além disso, a ausência de mecanismos estruturados de avaliação do desempenho do usuário reforça a necessidade de novos desenvolvimentos na área, garantindo que essas ferramentas não apenas ensinem, mas também avaliem e aprimorem continuamente a tomada de decisão dos profissionais.

Com base nesses achados, destaca-se a importância de investir no desenvolvimento de SGs voltados à capacitação em SAVC, que incorporem cenários intra e extra-hospitalares, sejam compatíveis com dispositivos móveis e possuam um modelo estruturado de avaliação e *feedback*. Dessa forma, seria possível suprir as lacunas identificadas na literatura e contribuir para a formação de profissionais mais capacitados no ACE.

#### 2.2.1. A avaliação do usuário e os modelos inteligentes

Para que o processo de avaliação do usuário se dê de forma eficaz, faz-se necessário a providência de *feedback* (ou parecer) acerca das ações do treinando em determinada atividade foco do treinamento aplicado, para que o mesmo possa se desenvolver e/ou aprimorar suas habilidades. De modo geral, o *feedback* detém sua importância uma vez que deve ser capaz de gerar reflexão no estudante acerca de seu próprio desempenho. Esse recurso pode advir de uma análise (ou tomada de decisão) humana ou de máquina.

O estudo de Moraes e Machado (2003) classifica essa análise como formas de avaliação de treinamento *offline* ou *online*. A avaliação *offline* parte do registro das ações do indivíduo, seja proveniente do uso de um programa computacional ou de uma simulação realística teatral,

para uma posterior ponderação do desempenho por um especialista humano da área do conhecimento considerada. Por outro lado, o sistema de avaliação *online* pode ser estruturado com base em mecanismos que analisam as interações do usuário com a aplicação, fornecendo retorno em menos de um segundo após a conclusão da avaliação. Esse processo ocorre por meio da comparação das ações do usuário com diferentes níveis de desempenho previamente estabelecidos na literatura e/ou validados por especialistas. Dessa forma, o sistema funciona como um avaliador digital de treinamento, sendo capaz de fornecer *feedback* ao usuário (MACHADO; MORAES, 2012).

Andrade et al. (2022) identificaram os seguintes tipos de avaliação *online* em sistemas de treinamento digitais:

- Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real: o usuário recebe *feedback* automático sobre sua performance no simulador por meio de diversos recursos multimídia, como sons e imagens, podendo também ser direcionado ao tutor em alguns casos;
- Registro de atividade do usuário: o simulador gera um relatório com o registro das atividades do indivíduo após a finalização do uso da ferramenta, permitindo a observação de pontuações, pontos fortes e fracos do usuário;
- Indicadores de progresso: além de serem úteis como forma de motivação para o usuário, têm o objetivo de avaliar se o mesmo alcançou o nível esperado de desempenho. Isso é feito por meio de atribuições de pontuações para acertos, retenção de atividade até sua finalização e, além disso, oferece a possibilidade de repetição de tarefas específicas para melhorar a capacidade técnica.

Para garantir que esse retorno ocorra de forma eficiente, Machado et al. (2018) destacam que o sistema de avaliação deve ser desenvolvido de modo a demandar menor processamento, evitando sobrecarga computacional e permitindo que o SG mantenha sua fluidez e desempenho adequados. Dessa forma, a avaliação não compromete a experiência do usuário e pode ser processada de maneira ágil, sem depender de processamento remoto ou conexões de rede que possam gerar latências indesejadas. Além disso, deve ser estatisticamente confiável para fornecer análises precisas e objetivas acerca do desempenho do usuário durante o treinamento. Nesse sentido, a avaliação *online* pode se valer principalmente de regras e atribuição de pontos para:

- Mensurar a aquisição de habilidades do usuário;
- Avaliar e/ou adaptar os níveis de dificuldade a partir das ações do usuário no

treinamento por meio de um ou mais sistemas;

- Fornecer relatório avaliativo acerca do desempenho do usuário.

Para isso, é necessário identificar as variáveis relacionadas ao procedimento treinado, que são consideradas na avaliação do usuário. Estas variáveis são mapeadas a partir das ações do jogador no SG e, posteriormente, utilizadas para que o sistema de avaliação *online* possa decidir, com base nos critérios definidos pela literatura e respaldados por especialistas, se o indivíduo está apto para realizar o procedimento no mundo real (ANDRADE et al., 2022).

Em tempo, a inserção da avaliação *online* em programas computacionais, como os SGs, tem potencial para auxiliar na padronização da avaliação do desempenho do usuário, por meio do *feedback* claro e rápido, diferente da maneira tradicional de avaliação (avaliação *offline*). Essa padronização é um desafio recorrente no que tange o treinamento no campo da saúde (ABOUL-ENEIN, 2012). Para isso, a avaliação *online* opera como um sistema que conduz o processo de tomada de decisão de forma estruturada, possibilitando que a máquina atue de maneira similar à humana. Esse princípio permite o desenvolvimento de aplicações inteligentes que buscam replicar processos decisórios sob a ótica da tomada de decisão de máquina (BOTTINO; LAURENTINI, 2001).

Os modelos inteligentes desempenham um papel central ao viabilizar essa tomada de decisão automatizada. Esses modelos podem utilizar métodos lógicos, estatísticos, matemáticos e/ou de aprendizado de máquina, permitindo que o sistema analise informações e tome decisões de maneira autônoma. Para que essa automação seja possível, é necessário um sistema computacional capaz de processar dados, aplicar regras e executar decisões sem intervenção humana. Isso ocorre por meio de softwares, algoritmos e mecanismos programados para operar de maneira independente, garantindo que as ações sejam realizadas com base em critérios pré-estabelecidos.

Em educação em saúde, modelos inteligentes têm sido amplamente utilizados para automatizar processos de avaliação, permitindo a análise objetiva do desempenho do aprendiz em treinamentos clínicos. Isso é especialmente relevante quando não há um especialista disponível para realizar a avaliação, pois o modelo pode utilizar regras formais, raciocínio probabilístico, algoritmos de aprendizado supervisionado ou uma combinação dessas abordagens para processar as informações do usuário e fornecer resultados de forma rápida e padronizada. Dessa forma, a integração desses modelos na capacitação médica contribui para um treinamento mais estruturado, eficiente e acessível, garantindo maior confiabilidade na análise do desempenho dos profissionais em formação.

#### 2.2.1.1. Modelos inteligentes que se utilizam de regras formais

Regras formais constituem um mecanismo de representação do conhecimento capaz de indicar ações ou conclusões a partir do atendimento a determinadas condições. Geralmente estruturadas no formato “SE (condição) ENTÃO (ação/conclusão)”, essas regras possibilitam, em particular, a expressão de relações causais ou inferências compatíveis com o raciocínio humano. Essas regras podem ser modeladas com base em abordagens distintas: uma delas é a lógica clássica, que considera apenas dois estados possíveis (verdadeiro ou falso); outra é a lógica *fuzzy*, que permite trabalhar com diferentes graus de verdade, representando níveis intermediários entre o totalmente verdadeiro e o totalmente falso. Essa diferenciação amplia a capacidade de lidar com incertezas e variabilidade linguística. Esse aspecto será aprofundado na seção 2.2.1.1.1, que trata da modelagem de regras formais com base na lógica clássica e na lógica *fuzzy*, apresentando os principais operadores lógicos utilizados em cada abordagem e ilustrando sua aplicação por meio de exemplos de regras estruturadas. Em modelos inteligentes, tais regras conferem suporte ou viabilizam a tomada de decisão a partir do processamento de um conjunto de entradas, conforme o estado atual do sistema (COPPIN, 2004).

Nessa perspectiva, destaca-se o Sistema Especialista (SE), caracterizado como um sistema computacional que incorpora o conhecimento de especialistas humanos para resolver problemas de natureza específica. O SE pode ser compreendido como um modelo inteligente fundamentado no uso de regras formais para representar o conhecimento e apoiar a tomada de decisão, por meio da realização de inferências a partir das entradas recebidas (TURBAN et al., 2006). Esse tipo de sistema é composto, essencialmente, por três componentes principais: a base de conhecimento, o motor de inferência e a interface com o usuário. Conforme descrito por Turban et al., (2006), esses componentes podem ser apresentados da seguinte forma:

- Base de conhecimento: contém o arcabouço teórico (conhecimento) composto por fatos (reuni o conhecimento a cerca do segmento de atuação) e heurísticas (representam o julgamento informal fundamentado no conhecimento de um domínio de aplicação) ou regras formais inerentes a formulação, compreensão e resolução de problemas de natureza específica no qual o sistema fora destinado. Os fatos, as regras e as heurísticas se destacam como referência lógica que representa e norteia a utilização do saber de modo inerente a busca de soluções para problemas de natureza específica a cerca do segmento de atuação.
- Motor de inferência: é considerado o núcleo operacional do sistema, sendo o principal responsável por conduzir o processo de raciocínio a partir das informações contidas na

base de conhecimento. Sua função vai além da simples inferência: ele estabelece a forma como o conhecimento será aplicado na resolução de problemas, coordenando e monitorando as etapas por meio de uma agenda de execução. Em determinadas implementações, esse mecanismo também pode incorporar regras de uso geral, voltadas à tomada de decisão e à formulação de soluções para diferentes tipos de situação.

- Interface do usuário: responsável por facilitar a comunicação entre o usuário e o sistema, a interface exerce função essencial na condução das interações voltadas à resolução de problemas. Em muitos casos, essa interação se dá por meio de mecanismos estruturados de perguntas e respostas, que servem como forma de diálogo funcional com o sistema. Essa estratégia de interação costuma ser ampliada com o uso de elementos complementares, como menus, formulários digitais e representações gráficas, os quais auxiliam na navegação e na compreensão das informações exibidas, proporcionando uma experiência de uso mais clara, acessível e eficiente.

O Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) — também denominado Sistema Baseado em Regras (SBR) — merece destaque por, em geral, empregar regras formais como principal estrutura para representar e fornecer conhecimento especializado. Os SBCs apresentam uma arquitetura semelhante à dos Sistemas Especialistas (SEs) e, por isso, compartilham três componentes fundamentais: a base de conhecimento, o motor de inferência e a interface com o usuário. No entanto, é importante ressaltar uma distinção conceitual entre esses modelos: enquanto o SE pode empregar heurísticas ou regras, além de fatos, como componentes de sua base de conhecimento, o SBC tende a se organizar predominantemente em torno de regras formais e fatos como fundamentos estruturais dessa base. Além disso, o SBC é capaz de incorporar tanto o conhecimento de especialistas quanto fontes documentadas, como registros, diretrizes e literatura técnica, ampliando assim a diversidade e a confiabilidade das informações utilizadas pelo sistema (COPPIN, 2004; TURBAN et al., 2006).

No campo da saúde, a atuação de profissionais especialistas continua sendo indispensável, mesmo diante de um vasto acervo de literatura científica, sobretudo pela ausência de critérios avaliativos objetivos em determinados tipos de treinamento. Nesse contexto, as características do SBC mostram-se particularmente úteis, especialmente por sua capacidade de integrar tanto o conhecimento documentado quanto o conhecimento proveniente de especialistas. Essa flexibilidade estabelece uma conexão relevante com o desenvolvimento de SGs voltados para a área da saúde, uma vez que a integração de SBCs a esses jogos pode favorecer a padronização dos processos avaliativos e contribuir para a mitigação das subjetividades que comumente permeiam esse tipo de análise (MORAES et al., 2007;

MACHADO et al., 2018; COSMAN et al., 2002).

#### 2.2.1.1.1. Modelagem de regras formais conforme lógica clássica e lógica *fuzzy*

Conforme definido por Klir e Yuan (1995), a lógica refere-se ao estudo sistemático dos princípios e técnicas que fundamentam o raciocínio. Nesse sentido, a elaboração de modelos inteligentes orientados por regras formais requer o domínio desses fundamentos, uma vez que são eles que potencializam a coerência e a solidez das inferências realizadas. A estruturação adequada das regras, alinhada a tais princípios, é determinante para que o modelo atue de forma eficaz e reproduza, de maneira confiável, o comportamento de um especialista frente à resolução de problemas específicos (TURBAN et al., 2006).

Nesse contexto, a lógica proposicional se destaca como um ramo da lógica dedicado ao estudo de proposições — ou condições — que podem ser associadas a regras formais e que assumem valores de verdade. Como mencionado anteriormente, os valores atribuídos às proposições variam de acordo com o sistema lógico adotado. Na lógica clássica, o valor de verdade de uma proposição é binário, assumindo apenas os valores 0 (falso) ou 1 (verdadeiro), o que reflete uma visão estritamente dicotômica dos estados do mundo. Já na lógica *fuzzy*, os valores de verdade são representados por números contínuos no intervalo  $[0, 1]$ , permitindo que uma proposição seja parcialmente verdadeira. As proposições podem ser expressas de forma simples ou combinadas por meio de operadores lógicos (ou conectivos). A aplicação desses operadores permite a construção de proposições compostas, viabilizando a formulação de regras formais mais complexas e adaptáveis a diferentes contextos (KLIR; YUAN, 1995).

Embora os operadores lógicos compartilhem semelhanças em sua representação simbólica, sua denominação e interpretação semântica variam conforme o sistema lógico adotado, como ocorre entre a lógica clássica e a lógica *fuzzy*. Na lógica clássica, há operadores fundamentais representados pelos símbolos ‘ $\neg$ ’, ‘ $\wedge$ ’, ‘ $\vee$ ’ e ‘ $\Rightarrow$ ’, que expressam, respectivamente, as operações de negação, conjunção, disjunção e implicação (RUSSELL; NORVIG, 2020). Em linguagem natural, esses conectivos podem ser lidos como “não”, “e”, “ou” e “implica” (se... então...). Por outro lado, na lógica *fuzzy* — conforme os fundamentos estabelecidos por Zadeh (1973) — os símbolos ‘ $\neg$ ’, ‘ $\wedge$ ’ e ‘ $\vee$ ’ são reinterpretados como complemento *fuzzy*, t-norma e t-conorma, respectivamente. Já o símbolo ‘ $\Rightarrow$ ’ não possui uma definição única nesse contexto, podendo ser modelado de diferentes maneiras, a depender do sistema de inferência adotado (como nos modelos de Zadeh, Mamdani ou Łukasiewicz) (ZADEH, 1973; MAMDANI et al., 1975; KLIR et al., 1995).

Considerando essas diferenças de interpretação entre os sistemas lógicos, é importante compreender o papel individual de cada operador. O operador lógico de negação ( $\neg$ ) inverte o valor lógico de uma proposição, originando o que se denomina literal negativo. Em termos gerais, se uma proposição  $A$  é verdadeira, sua negação  $\neg A$  (lê-se "não  $A$ ") será falsa. O conectivo de conjunção ( $\wedge$ ) é utilizado para expressar sentenças compostas como  $A \wedge B$  (lê-se " $A$  e  $B$ "). Cada proposição que compõe a conjunção é denominada conjuntivo, e a sentença  $A \wedge B$  será verdadeira apenas quando ambos os conjuntivos forem verdadeiros. Por outro lado, a disjunção ( $\vee$ ) ocorre em sentenças como  $A \vee B$  (lê-se " $A$  ou  $B$ "), em que cada proposição envolvida é chamada de disjuntivo. Nesse caso, a disjunção será verdadeira sempre que ao menos um dos disjuntos for verdadeiro. A implicação lógica ( $\Rightarrow$ ), também conhecida como condicional ou regra, é representada por sentenças como  $(A \wedge B) \Rightarrow \neg F$ , nas quais o conjunto  $A \wedge B$  constitui o antecedente (ou premissa) e  $\neg F$  representa o consequente (ou conclusão). Essa estrutura pode ser lida como: "se  $A$  e  $B$ , então não  $F$ ". Em implicações desse tipo, o valor lógico será falso somente quando o antecedente for verdadeiro e o consequente, falso (RUSSELL et al., 2020). Para exemplificar melhor seu uso diante de regras formais, confira:

- Negação: uma sentença como  $\neg C \Rightarrow A$ , em que  $C$  representa a proposição "o paciente está consciente" e  $A$  indica que "a avaliação neurológica foi iniciada", utiliza o operador de negação  $\neg$  para expressar a ausência de consciência como condição necessária para a realização da ação subsequente. Em linguagem natural, essa sentença pode ser lida como: "Se o paciente não está consciente, então deve-se iniciar a avaliação neurológica."
- Conjunção: a regra  $(FC \wedge PA) \Rightarrow I$ , em que  $FC$  representa a proposição "frequência cardíaca superior a 150 bpm",  $PA$  corresponde a "pressão arterial inferior a 90/60 mmHg" e  $I$  indica que "o estado clínico é considerado instável", utiliza o operador de conjunção  $\wedge$  para combinar duas condições que devem ser simultaneamente verdadeiras. Em termos lógicos, a implicação só será válida se ambas as proposições  $FC$  e  $PA$  forem verdadeiras, resultando na veracidade da conclusão  $I$ . Em linguagem natural, essa sentença pode ser lida como: "Se a frequência cardíaca é maior que 150 e a pressão arterial é menor que 90/60, então o estado clínico é instável."
- Disjunção: a sentença  $(D \vee S) \Rightarrow E$ , em que  $D$  representa a proposição "o paciente apresenta dor torácica",  $S$  corresponde a "o paciente apresenta dispneia" e  $E$  indica que "um evento cardíaco foi investigado", emprega o operador de disjunção  $\vee$ , o qual expressa que a ocorrência de pelo menos um dos sintomas é suficiente para justificar a ação descrita na conclusão. Em linguagem natural, essa sentença pode ser lida como:

"Se há dor torácica ou dispneia, então deve-se investigar possível evento cardíaco."

- Implicação: a regra  $T \Rightarrow F$ , em que  $T$  representa a proposição "temperatura corporal acima de 38 °C" e  $F$  indica que "a condição febril é verdadeira", exemplifica o uso do operador de implicação  $\Rightarrow$ , o qual estabelece uma relação lógica entre a condição antecedente e a conclusão. Nesse caso, a ocorrência de temperatura elevada implica diretamente na veracidade da condição febril. Em linguagem natural, essa sentença pode ser lida como: "Se a temperatura corporal é superior a 38 °C, então o paciente apresenta condição febril verdadeira."

O operador lógico complemento *fuzzy* ( $\neg$ ), formalizado por Zadeh (1973), é utilizado em operações com conjuntos *fuzzy*, nas quais o complemento de um conjunto  $A$  é um novo conjunto denotado por  $\neg A$ . Nesse conjunto complementar, cada elemento  $y \in U$  obtém seu grau de pertinência por meio da subtração do valor original de pertinência de 1, isto é,  $1 - \mu_A(y)$ , sendo  $\mu_A(y)$  a função de pertinência de  $A$  aplicada ao elemento  $y$ , e  $U$  o universo de discurso considerado. Formalmente, o complemento *fuzzy* é representado como:

$$\neg A = \{(y, 1 - \mu_A(y)) \mid y \in U\}$$

A t-norma (do inglês *triangular norm*), representada pelo operador  $\wedge$ , é utilizada para modelar a interseção de graus de pertinência entre conjuntos *fuzzy*. Conforme os fundamentos de Zadeh (1973), essa operação é definida como:

$$A \wedge B = \{(y, \min(\mu_A(y), \mu_B(y))) \mid y \in U\}$$

onde  $\mu_A(y)$  e  $\mu_B(y)$  representam, respectivamente, os graus de pertinência do elemento  $y$  aos conjuntos *fuzzy*  $A$  e  $B$ , e  $U$  é o universo de discurso. Nesse contexto, a interseção *fuzzy* entre os conjuntos  $A$  e  $B$  atribui a cada elemento  $y \in U$  o menor valor entre os graus de pertencimento fornecidos por  $A$  e  $B$ . A função mínima pode ser explicitada da seguinte forma:

$$\min(a, b) \triangleq \begin{cases} a, & \text{se } a \leq b \\ b, & \text{se } a > b \end{cases}$$

A t-conorma (do inglês *triangular conorm*), por sua vez, é representada pelo operador  $\vee$  e é utilizada para representar a união de graus de pertinência entre conjuntos *fuzzy*. Com base nos fundamentos propostos por Zadeh (1973), essa operação é definida como:



$$A \vee B = \{(y, \max(\mu_A(y), \mu_B(y))) \mid y \in U\}$$

Neste caso,  $\mu_A(y)$  e  $\mu_B(y)$  indicam os graus de pertencimento do elemento  $y$  aos conjuntos *fuzzy*  $A$  e  $B$ , respectivamente, sendo  $U$  o universo de discurso em que tais elementos estão definidos. A t-conorma permite combinar esses valores por meio da operação de união, atribuindo a cada  $y \in U$  o maior grau de pertinência observado entre os dois conjuntos. A operação baseada na função máxima pode ser formalizada da seguinte maneira:

$$\max(a, b) \triangleq \begin{cases} a, & \text{se } a \geq b \\ b, & \text{se } a < b \end{cases}$$

Na lógica *fuzzy*, o símbolo ‘ $\Rightarrow$ ’, tradicionalmente interpretado como operador de implicação na lógica clássica, é reinterpretado como um conectivo que representa a relação entre o antecedente e o consequente de uma regra *fuzzy*. Nesse contexto, a inferência não se dá por tabelas-verdade, mas por meio de uma relação *fuzzy* construída entre os domínios de entrada e de saída. No modelo proposto por Mamdani e Assilian (1975), amplamente utilizado em sistemas de controle *fuzzy*, essa relação é estabelecida com base na aplicação da função mínimo, que avalia o grau de ativação da regra para cada par de valores considerados. Formalmente, essa associação é descrita por:

$$\mu_R(x, y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$$

Em que  $\mu_A(x)$  e  $\mu_B(y)$  correspondem aos graus de pertinência dos elementos  $x$  e  $y$  aos conjuntos *fuzzy* do antecedente  $A$  e do consequente  $B$ , respectivamente. O resultado é uma relação *fuzzy* que expressa, de forma gradual, a força com que uma condição de entrada ativa a resposta correspondente no sistema.

De forma geral, os operadores *fuzzy* atuam diretamente sobre os conjuntos associados às variáveis linguísticas, os quais representam valores imprecisos por meio de expressões qualitativas como “baixo”, “moderado” ou “elevado”. Essa abordagem permite traduzir aspectos subjetivos do conhecimento em estruturas formais, possibilitando a criação de regras capazes de lidar com incertezas e gradações de pertinência.

### 2.2.1.2. Modelos inteligentes de aprendizado de máquina

Os modelos inteligentes formam um universo vasto e diversificado, sobretudo porque não existe uma metodologia padrão para avaliação *online*: cada solução precisa ser adaptada às necessidades do contexto e calibrada de acordo com as especificidades de cada processo avaliativo (MORAES; FERREIRA; MACHADO, 2020). Entre essas soluções, destacam-se aquelas baseadas em aprendizado de máquina — métodos computacionais capazes de tomar decisões mesmo quando as informações disponíveis são parciais, incompletas ou inexatas, aprendendo a partir de dados para lidar com situações semelhantes (TURBAN et al., 2006). Com isso, esta seção descreve modelos de aprendizado de máquina amplamente empregados — Redes Bayesianas, Árvores de Decisão, Florestas Aleatórias e Máquinas de Máquinas de Vetores de Suporte (do inglês *Support Vector Machines* – SVM) — enfocando suas principais características e limitações.

As Redes Bayesianas constituem modelos estruturados como grafos direcionados acíclicos, nos quais cada nó representa uma variável arbitrária e está associado a uma distribuição de probabilidade condicional em relação aos seus predecessores no grafo. Essa estrutura possibilita a representação eficiente das relações de independência condicional entre variáveis, promovendo uma modelagem compacta e interpretável do domínio em análise (RUSSELL; NORVIG, 2020). No entanto, essas redes podem apresentar limitações importantes, como a complexidade computacional da inferência probabilística e do aprendizado da estrutura (COOPER, 1990; CHICKERING, 1996).

As Árvores de Decisão são modelos que representam graficamente os encadeamentos lógicos de um problema, permitindo condensar cenários relativamente complexos em uma estrutura compacta. Entretanto, à medida que aumentam o número de alternativas ou de estados da natureza, o diagrama resultante torna-se volumoso e difícil de interpretar (TURBAN et al., 2006). Para mitigar essa limitação, recorre-se às Florestas Aleatórias — um ensemble de Árvores de Decisão treinadas em subconjuntos reamostrados dos dados, onde cada divisão interna considera apenas um grupo aleatório de atributos. Essa combinação de reamostragem e seleção aleatória de variáveis amplia a diversidade entre as árvores, diminui a variância do conjunto e, por conseguinte, reforça a robustez e a acurácia do modelo (RUSSELL; NORVIG, 2020). Florestas Aleatórias tendem a apresentar desempenho superior às Árvores de Decisão em tarefas preditivas. No entanto, podem apresentar limitações importantes, como a dificuldade de interpretação, decorrente da complexidade introduzida pela agregação de um grande número de árvores (SCHONLAU; ZOU, 2020).

E por fim, as SVMs são modelos supervisionados que buscam maximizar a distância entre a fronteira de decisão e os exemplos mais próximos, o que contribui para a robustez na generalização. Uma de suas vantagens é a capacidade de transformar o espaço original dos dados por meio de funções núcleo, viabilizando a separação de padrões complexos. Além disso, ao utilizar apenas os exemplos mais relevantes do conjunto de treino — os chamados vetores de suporte —, esse método reduz a complexidade do modelo e tende a evitar o sobreajuste (RUSSELL; NORVIG, 2020). Entretanto, destaca-se que as decisões do SVM são difíceis de interpretar sob a ótica de seres humanos (A. NAVIA-VÁZQUEZ; E. PARRADO-HERNÁNDEZ, 2006).

### 2.2.1.3. Modelos inteligentes em *Serious Games* para Suporte Avançado de Vida Cardiovascular e para a grande área da saúde

Foi realizada uma revisão de escopo com o objetivo de compreender melhor quais técnicas de tomada de decisão são utilizadas nos SGs, especialmente no que se refere às estratégias de avaliação *online* do usuário e à forma como os *feedbacks* são apresentados. Inicialmente, essa revisão teve como propósito identificar SGs e simuladores eficazes, com suporte à avaliação do aprendizado, voltados para o treinamento digital interativo em SAVC e suporte básico de vida (SBV). No entanto, considerando que esta dissertação trata exclusivamente de SGs, os simuladores foram removidos do Quadro 1 para manter o foco da análise estritamente nos SGs. Essa decisão justifica-se pelo fato de que, embora simuladores e SGs possam compartilhar algumas características, os simuladores nem sempre possuem elementos estruturados de gamificação e podem ter abordagens distintas no que se refere à dinâmica de aprendizado e avaliação do usuário. Assim, a remoção dos simuladores do Quadro 1 permite uma análise mais alinhada ao escopo deste estudo, garantindo que os achados reflitam especificamente o uso de mecânicas de jogos digitais para a avaliação do desempenho no SAVC. O estudo completo pode ser encontrado no Apêndice A.

Quadro 1 – *Serious games* com análise de desempenho em suporte avançado de vida cardiovascular

ID	Modalidade	Plataforma	Tipo de software	Ambiente	Tipo de avaliação online	Técnica de Avaliação	Tipo de resposta	Público	Conteúdo	Escopo
E1 (BOADA et al., 2016)	Digital	Mobile	<i>Serious Game</i>	Bidimensional	Indicadores de progresso	SBC	Frases motivacionais	Geral	ERC	SBV

E2 (LUKOSCH ; CUNNINGHAM, 2018)	Digital	Mobile e computador pessoal	Serious Game	Bidimensi onal	Mecanismos de alerta/segmen tação em tempo real, Registro de atividades do usuário e Indicadores de progresso	SBC	Efeitos sonoro e visual em tempo real + relatório final	Geral	ERC	SBV
E3 (BUTTUSSI I et al., 2013)	Digital	Óculos tudo em um e computador pessoal	Serious Game	Realidade Virtual	Registro de atividades do usuário	SBC	Relatório com erros e acertos	Enferme agem	ERC	SAV C
E4 (LATIF et al., 2017)	Digital	Computador pessoal	Serious Game	Tridimensi onal	Registro de atividades do usuário	SBC	Visual, sonoro e relatório	Geral	ERC	SBV
E5 (RIBEIRO et al., 2014)	Digital	Computador pessoal	Serious Game	Tridimensi onal	Indicadores de progresso	SBC	Visual e sonoro	Geral	ERC	SBV
E6 (BOADA et al., 2015)	Digital	Computador pessoal e Mobile	Serious Game	Tridimensi onal	Registro de atividades do usuário, Mecanismos de alerta/segmen tação em tempo real e Indicadores de progresso	SBC	Através de pontuações, relatórios de desempenho e mensagens motivacionais	Geral	ERC	SBV

Fonte: Elaboração própria.

Diante dos achados (Quadro 1), foi possível observar que o SBC é uma técnica de avaliação recorrente na construção de sistemas de avaliação *online* para SGs em suporte de vida. A predominância do SBC pode estar associada à própria estrutura dos algoritmos e protocolos de suporte de vida, que seguem diretrizes bem definidas e sequenciais, favorecendo a aplicação de regras fixas para a tomada de decisão automatizada. No entanto, essa predominância pode estar mais relacionada à variabilidade dos desfechos na área da saúde, que apresentam grande complexidade e heterogeneidade. Nesse contexto, a utilização de SBCs possibilita o tratamento de desfechos específicos por meio da aplicação de regras estruturadas, permitindo maior objetividade e precisão na avaliação.

É importante considerar que a revisão desenvolvida focou especificamente em SGs para suporte à vida, sem abranger outras áreas ou disciplinas da saúde onde diferentes modelos de decisão podem ser mais explorados. No LabTEVE da UFPB, por exemplo, há diversos estudos

que investigam abordagens distintas para modelos inteligentes aplicados à educação em saúde, incluindo SEs baseados em regras como é o caso de uma aplicação em realidade virtual denominada SimCEC, utilizada para educação, avaliação e treinamento de rotinas cirúrgicas básicas em equipe; bem como modelos de aprendizado supervisionado, utilizado em uma pesquisa que produziu um SG voltado para a reabilitação de pessoas com sequelas de Acidente Vascular Encefálico (AVE); e/ou sistemas baseados em lógica *fuzzy* (PAIVA et al., 2018; BATISTA et al., 2019; MACHADO et al., 2019).

Dessa forma, os achados refletem uma tendência observada dentro da amostra analisada, mas não necessariamente indicam uma escassez generalizada de pesquisas sobre a implementação de outros métodos para compor sistemas de avaliação *online* em outras aplicações voltadas ao treinamento clínico.

Foram identificados quatro estudos (E2, E3, E4 e E6) que utilizam o registro de atividades do usuário como abordagem avaliativa, quatro (E1, E2, E5 e E6) que empregam indicadores de progresso e dois (E2 e E6) que adotam mecanismos de alerta/segmentação em tempo real (ANDRADE et al., 2022). Embora não haja uma diferença expressiva na frequência de uso desses tipos de avaliação, é importante destacar as limitações inerentes a cada abordagem.

Os mecanismos de alerta/segmentação em tempo real podem apresentar restrições quanto ao momento em que o *feedback* é fornecido, uma vez que a retroalimentação constante pode condicionar o usuário a tomar decisões apenas quando recebe um retorno do sistema, prejudicando o desenvolvimento da autonomia na tomada de decisão. Já os indicadores de progresso, embora possam estimular a motivação do usuário, podem também favorecer a tentativa e erro, levando o aprendiz a executar ações sem um real entendimento do processo. Em ambos os casos, se não forem empregados de maneira adequada, essas abordagens podem induzir o usuário à realização de tarefas sem atribuir significado ao que está sendo feito, impactando negativamente o aprendizado.

Nesse contexto, o relatório de desempenho apresenta-se como uma ferramenta avaliativa com maior potencial para auxiliar no processo de aquisição de habilidades clínicas, pois possibilita a descrição detalhada das ações do usuário na aplicação. Dessa forma, ao analisar seu próprio desempenho, o aprendiz pode refletir criticamente sobre suas escolhas e identificar pontos de melhoria, seja individualmente ou com a orientação de um tutor.

### 2.2.2. O desenvolvimento de *serious games* para a educação em saúde

O desenvolvimento de um SG voltado à educação em saúde exige um planejamento multidisciplinar, combinando conhecimentos de computação, estatística, pedagogia e ciências da saúde (MACHADO; COSTA; MORAES, 2018). Diferentemente de materiais instrucionais tradicionais, que podem ser passivos e menos atrativos, um SG deve equilibrar ludicidade e aprendizado, garantindo que o usuário se sinta desafiado e motivado a avançar no conteúdo sem comprometer os objetivos educacionais.

Para alcançar esse equilíbrio, o design de jogos deve considerar cinco elementos fundamentais, conforme proposto por Machado, Costa e Moraes (2018), a partir da adaptação da proposta de Schell (2011):

- **Estética:** Engloba elementos visuais e sonoros que proporcionam uma experiência imersiva ao usuário, favorecendo a concentração e o engajamento.
- **Mecânica:** Refere-se às regras do jogo e à forma como os usuários interagem com os desafios. Nos SGs educacionais, isso inclui a implementação de modelos inteligentes, que orientam o jogador na escolha das melhores estratégias e fornecem *feedback* imediato.
- **Narrativa:** Determina a sequência dos eventos dentro do jogo, podendo ser linear ou ramificada. Uma boa narrativa contextualiza as ações do usuário e favorece a aprendizagem por meio da experiência.
- **Tecnologia:** Envolve os recursos necessários para viabilizar a aplicação do jogo, como dispositivos móveis, plataformas *online* e algoritmos de inteligência artificial.
- **Conteúdo Específico:** Representa o conhecimento essencial para o qual o SG foi desenvolvido. Esse elemento deve ser rigorosamente estruturado para garantir que os conceitos abordados sejam cientificamente embasados e aplicáveis à prática profissional.

Quando aplicados à capacitação em SAVC, os SGs tornam-se ainda mais relevantes. A simulação de cenários clínicos permite ao usuário vivenciar situações de alta complexidade, praticar a tomada de decisão em tempo real e receber *feedback* sobre seu desempenho. Esse formato favorece o aprendizado baseado na experiência, reforçando conceitos e procedimentos essenciais à conduta profissional.

A presente pesquisa, concentra-se na aplicação de um modelo inteligente para avaliação do desempenho do usuário em um SG para treinamento em SAVC. A avaliação em questão ocorrerá de maneira *online* no SG. Esta abordagem, tem como diferencial propiciar ao estudante

uma reflexão acerca do seu desempenho na aplicação após a realização do treinamento, tornando-se assim dentre as abordagens identificadas com *feedback* de destaque, considerando o momento e forma em que ocorre.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa propõe o desenvolvimento do SG SAV-me para o treinamento em SAVC. A ferramenta é destinada a complementar a aprendizagem de estudantes e profissionais da saúde, oferecendo avaliação *online* baseada em um modelo inteligente integrado.

#### 3.1. Tipo de pesquisa

O estudo caracteriza-se como metodológico, com foco na construção, avaliação e validação de ferramentas tecnológicas aplicadas ao ensino em saúde. Essa abordagem busca garantir que o SG seja cientificamente fundamentado e prático, atendendo às demandas específicas do treinamento em SAVC.

#### 3.2. Local de realização

O projeto foi desenvolvido no LabTEVE da UFPB. A escolha desse local foi estratégica, dado o histórico de pesquisa em tecnologias aplicadas ao ensino em saúde conduzidas na instituição.

#### 3.3. Estrutura da pesquisa

A metodologia foi organizada em três etapas principais: planejamento, prototipagem e produção da primeira versão jogável. Cada uma dessas etapas envolveu atividades específicas, conforme descrito a seguir e esquematizado na Figura 3:



Figura 3 – Etapas da pesquisa e desenvolvimento do SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.



### 3.3.1. Planejamento

Esta etapa inicial focou na definição do escopo do estudo e na coleta dos elementos necessários para o desenvolvimento do SG. Incluiu:

- Revisão bibliográfica:
  - Revisão de Escopo: identificar SGs e simuladores eficazes, com suporte a avaliação do aprendizado, para o treinamento digital interativo em SAVC e SBV.
  - Revisão Integrativa: identificar potencialidades e desafios que permeiam o uso de SGs e simuladores para o treinamento em SAVC e SBV.

Essas revisões forneceram um panorama das lacunas existentes, destacando a ausência de ferramentas com foco na avaliação *online*.

- Especificação de Requisitos:
  - O público-alvo do SG foi definido como profissionais e estudantes de Medicina, considerando o papel central desses indivíduos nos atendimentos de SAVC. Esses profissionais são responsáveis pela coordenação da equipe de código azul, pela tomada de decisões críticas e pela execução de procedimentos que demandam alta capacitação técnica e precisão.
  - A plataforma *mobile* (compatível com smartphones e tablets) foi escolhida para o desenvolvimento do SG devido à sua ampla popularidade e acessibilidade, permitindo que o jogo seja facilmente acessado em diferentes contextos. O objetivo é que o SG possa ser utilizado tanto em ambientes formais de ensino quanto em situações cotidianas para avaliar o conhecimento de médicos ou estudantes de medicina sobre SAVC. A aplicação alia uma robusta usabilidade prática a uma base sólida, fundamentada no algoritmo de SAVC para adultos da AHA.
  - Buscou-se mapear as etapas do protocolo a partir do algoritmo de SAVC para adultos da AHA (2020), definindo os requisitos funcionais do SG. As atualizações da AHA (2023) e da AHA (2024) foram consideradas, que trata de atualizações de SAVC e de situações que envolvem PCR após afogamento. Essa atividade envolveu:
    - Consulta a especialistas (1 cardiologista e 2 estudantes de medicina em fase de internato);
    - Elaboração de fluxogramas para detalhar o passo a passo dos

procedimentos e da avaliação do conhecimento teórico do usuário;

- Escolha de um modelo inteligente para realizar a avaliação *online* com *feedback* durante o jogo e geração de relatório final;
- Definição de perfis clínicos;
- Considerar o uso de cenários simulados com foco em situações intra e extra-hospitalares.

### 3.3.2. Prototipagem

- Protótipo de baixa fidelidade: Nesta etapa, foi desenvolvido um protótipo de baixa fidelidade para simular a interação do usuário com o SG.
  - Ferramentas utilizadas: Microsoft PowerPoint, Google Imagens, flaticon, ChatGPT (para geração de cenários visuais) e Samsung AR Zone.
  - Finalidade: validar elementos de design, *feedback* e interação antes da implementação final.
- Validação por especialistas: O protótipo foi apresentado aos especialistas, que sugeriram ajustes de layout e formato de *feedback*, posteriormente incorporados ao design.

### 3.3.3. Produção da primeira versão jogável

A etapa final consistiu no desenvolvimento da versão funcional do SAV-me.

- Programação e montagem: O desenvolvimento do jogo foi pensado para ocorrer em uma plataforma computacional específica para a materialização de jogos, simuladores digitais e outras aplicações em 2 ou 3 dimensões, conhecida como Unity, com programação em C#. Uma vez que essa plataforma é robusta e possui uma vasta comunidade de desenvolvedores, além da disponibilidade de *assets* gratuitos.

## 3.4. Modelo de avaliação *online*

O modelo inteligente baseia-se em 13 ações principais do algoritmo de SAVC. A avaliação do usuário considera:

- Desfecho do Paciente: Resultado clínico baseado nas decisões tomadas.
- Indicadores de Progresso: *Feedback* motivacional e informativo.
- Resultados: Classificação do desempenho em "aprovado" ou "reprovado".
- Relatório Detalhado: Explicações sobre erros cometidos, organizadas por procedimento. As frases de *feedback* do relatório foram pré-definidas (para sua concepção foram

considerados tanto o conhecimento documental científico quanto as recomendações de especialistas, embora não tenham sido validadas diretamente por esses peritos) e armazenadas em um banco de dados e são ativadas conforme as interações do usuário para despertar reflexões sobre o desempenho.

### **3.5. Aspectos éticos**

O estudo destinado à realização de testes com usuários foi previamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências Médicas (CEP/CCM/UFPB), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 70812923.7.0000.8069 (Anexo A), assegurando o cumprimento das diretrizes éticas em pesquisas envolvendo seres humanos. Após essa aprovação, foram conduzidos testes de usabilidade e satisfação com o SG SAV-me. No entanto, os resultados desses testes não foram incluídos nesta dissertação, uma vez que extrapolam os objetivos propostos neste trabalho.

#### 4. O MODELO INTELIGENTE

O modelo inteligente implementado no SG constitui o núcleo central desta proposta, tendo sido desenvolvido com o objetivo de avaliar, de forma objetiva, padronizada e educacionalmente enriquecedora, as ações dos usuários em cenários simulados de SAVC. Para isso, foi adotado um SBC, capaz de identificar erros críticos e secundários e fornecer *feedback*, favorecendo o aprendizado e o autogerenciamento do conhecimento teórico.

A escolha por um SBC fundamenta-se na natureza determinística do SG, que foi construído com perfis clínicos fechados e desfechos previamente definidos. Como a proposta é avaliar exclusivamente o conhecimento do usuário em relação aos protocolos de SAVC — independentemente do retorno ou não da circulação espontânea do paciente, o que também ocorre na prática clínica —, a adoção de um modelo lógico mostrou-se suficiente e apropriada para os objetivos deste trabalho.

O SAVC é regido por algoritmos bem estabelecidos, com decisões essencialmente binárias. Dessa forma, optou-se pela lógica clássica como base do SBC, permitindo representar de maneira clara e precisa as regras clínicas. Essa abordagem também permitiu incorporar, à base de conhecimento, tanto as diretrizes oficiais da AHA quanto os pareceres de especialistas. Segundo Turban et al., (2006), a participação de ao menos um especialista já é considerado suficiente para representar o conhecimento especializado em SBC. Outros modelos, como os baseados em lógica *fuzzy*, raciocínio probabilístico ou aprendizado de máquina, foram considerados inadequados neste contexto. A lógica *fuzzy*, por exemplo, é mais indicada para lidar com variáveis linguísticas e incertezas, o que não se aplica aos algoritmos rígidos do SAVC. Modelos probabilísticos também não foram adotados, já que os casos clínicos utilizados não envolvem eventos aleatórios ou indeterminados. Da mesma forma, modelos de aprendizado de máquina demandariam maior custo computacional e não se justificariam em um cenário onde as regras de decisão são bem estabelecidas e os caminhos de desfecho são todos conhecidos.

É importante destacar que, embora existam instrumentos de avaliação previamente desenvolvidos para treinar e mensurar competências em SAVC, optou-se por desenvolver o modelo inteligente do zero. Essa decisão visou garantir a adaptação do algoritmo clínico ao ambiente computacional, possibilitando a análise em tempo real das ações dos usuários com base em um SBC.

Instrumentos tradicionais, como *checklists* e sistemas de pontuação subjetiva, utilizados em treinamentos presenciais, não atendem às exigências de automação e objetividade

requeridas por um modelo inteligente. Esses métodos dependem da interpretação humana e não possuem estrutura lógica compatível com a análise automatizada. Por essa razão, foi necessário construir um modelo específico que transformasse as diretrizes do algoritmo de SAVC em regras computacionais formais, permitindo uma avaliação padronizada e objetiva.

A construção desse SBC envolveu a tradução dos protocolos clínicos em listas de frases estruturadas e cadeias de regras lógicas, possibilitando ao sistema computacional identificar erros críticos, avaliar a coerência da sequência de ações executadas e gerar *feedback*. Essa modelagem foi essencial para alinhar o sistema às necessidades do SG, garantindo uma experiência educativa eficaz, compatível com o ambiente digital e fiel às recomendações clínicas da AHA.

#### 4.1. Desenvolvimento do Modelo inteligente

Um modelo inteligente foi desenvolvido a partir de uma lista ordenada de frases que representam 13 ações fundamentais do algoritmo de SAVC:

- Solicitar "afastar!";
- Chamar ajuda;
- Realizar desfibrilação;
- Iniciar compressões;
- Delegar funções;
- Administrar drogas;
- Administrar ventilação assistida avançada (VAA);
- Solicitar exames;
- Delegar compressões;
- Avaliar responsividade;
- Aferir pulso e ritmo;
- Ventilar e realizar compressões;
- Encerrar o caso.

Essas ações foram organizadas com base em diretrizes da AHA e validadas por especialistas, assegurando sua aderência às práticas clínicas.

As listas de frases são processadas em tempo real durante a interação do usuário com o sistema, ativando encadeamentos sequenciais de regras, cuja implementação foi realizada por meio de blocos condicionais encadeados associados. Cada regra reflete uma etapa lógica do protocolo de SAVC e está vinculada a condições específicas de ativação. Por exemplo, a ação

"Realizar desfibrilação" deve preceder "Solicitar afastar!", e a ausência dessa sequência correta aciona uma penalidade no modelo inteligente.

A implementação do SBC seguiu as etapas descritas abaixo:

- Definição das Ações: As ações foram estruturadas com base no algoritmo de SAVC, considerando as exigências de sequenciamento lógico e impacto no desfecho clínico.
- Construção de encadeamentos sequenciais de Regras: Cada regra foi definida para monitorar a sequência, a temporalidade e/ou a gravidade das ações realizadas (estas últimas podem ser de natureza crítica ou não-crítica). Todas as regras que compuseram o modelo inteligente podem ser encontradas no Apêndice B.
- Validação do Modelo: os encadeamentos sequenciais de regras foram testados em cenários simulados, com validação conduzida por especialistas da área de cardiologia e emergência. Ajustes foram realizados para garantir que as regras capturassem adequadamente as sequências corretas e erros potenciais.

A Figura 4, a Figura 5 e a Figura 6 ilustram o fluxo geral do modelo inteligente, mostrando como as ações indicadas pelo usuário, como 'Aferir pulso e ritmo' e 'Realizar desfibrilação', são analisadas em tempo real para ativar condições específicas ilustradas nos losangos dessas figuras. Cada uma dessas condições foram ilustradas para representar uma ou mais regras ao mesmo tempo e monitoram a ocorrência de erros de natureza não-crítico durante a realização das ações. Quando um erro é identificado, variáveis de armazenamento específicas no sistema são atualizadas, permitindo que o modelo registre esses erros. Esse mecanismo garante que o *feedback* fornecido ao usuário seja detalhado, promovendo uma visão completa do desempenho.

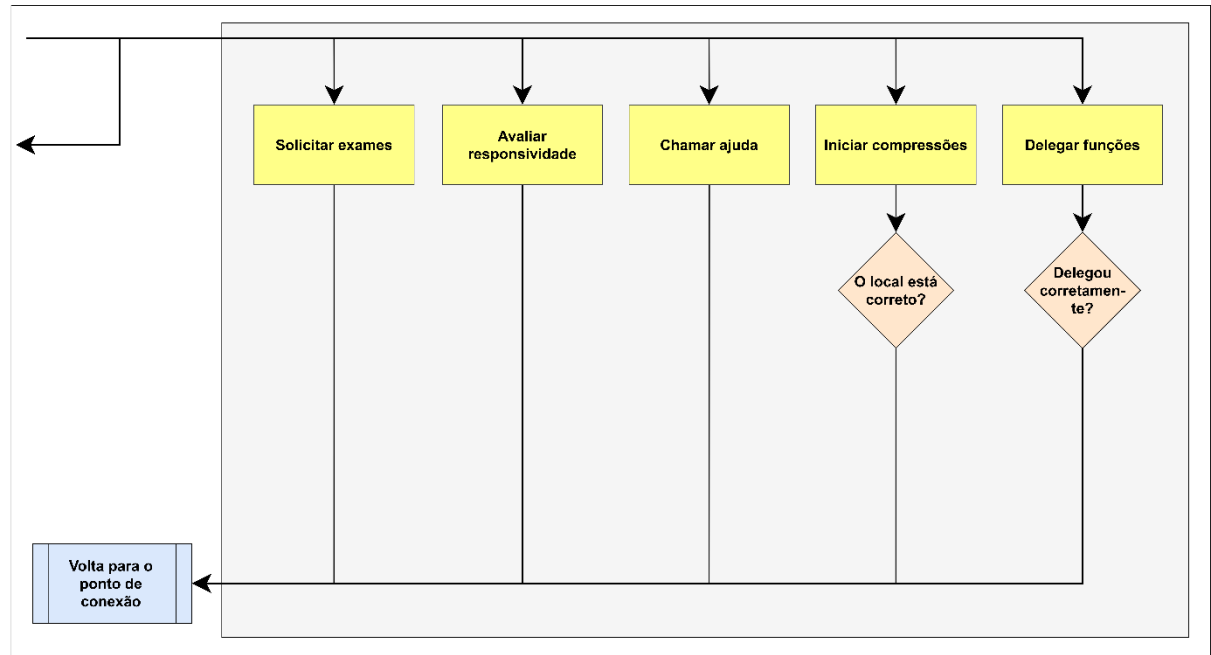


Figura 4 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 1)  
Fonte: Elaboração própria.

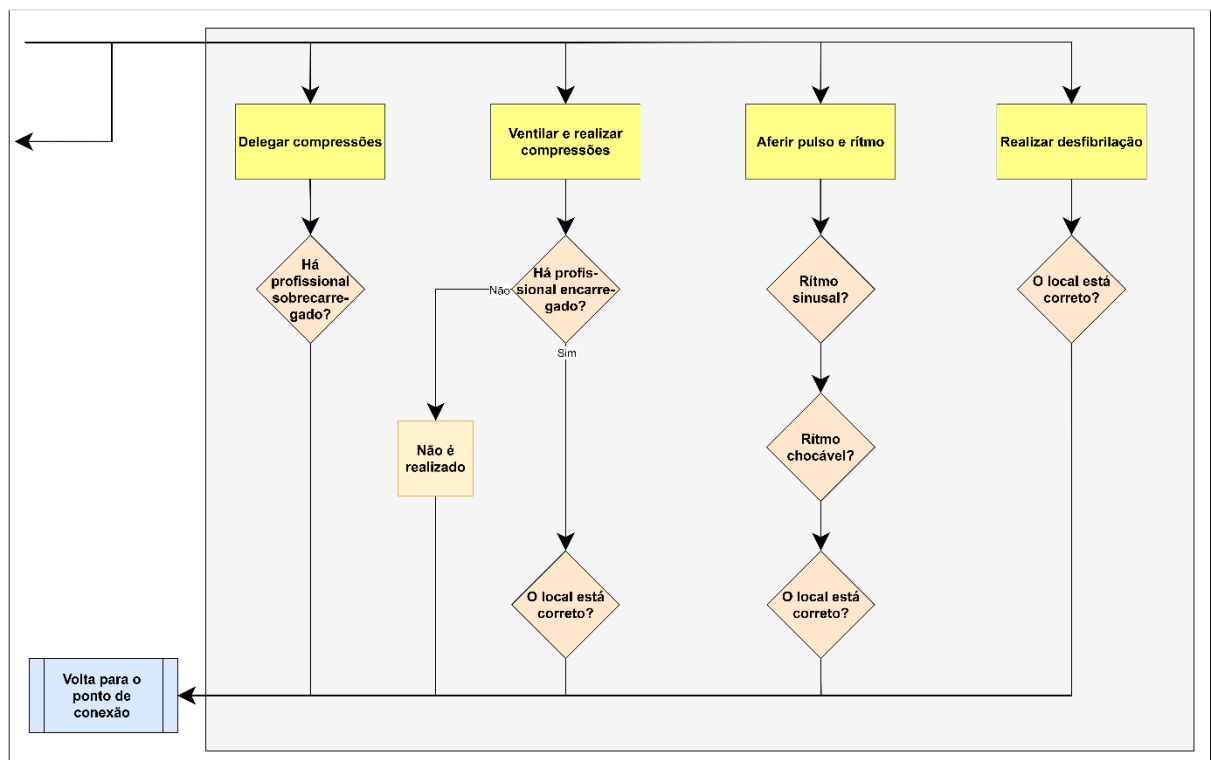


Figura 5 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 2)  
Fonte: Elaboração própria.

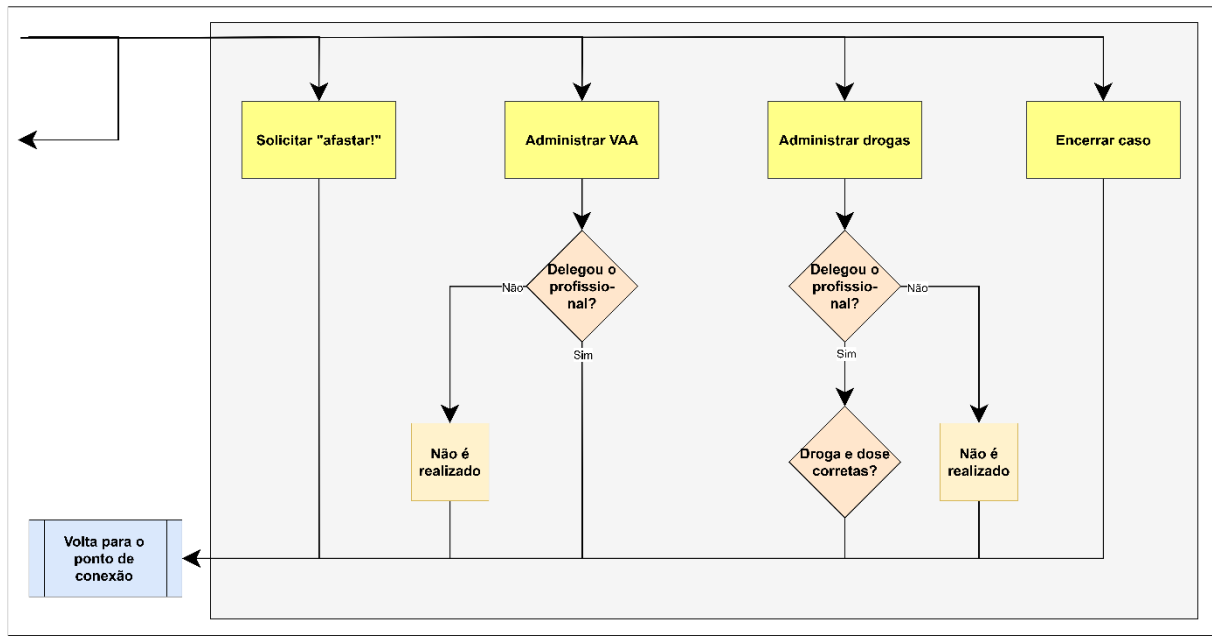


Figura 6 – Etapa de escolha dos procedimentos no SAV-me (parte 3)

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 7 apresenta o diagrama detalhado das interações entre as listas de frases e os encadeamentos sequenciais de regras, que separam a execução do caso do fornecimento de *feedback*. Cada ação, como "Chamar ajuda" ou "Avaliar responsividade", aciona sentenças pré-definidas no sistema, desaguando em um ponto de conexão no qual é verificado se o jogador cometeu algum erro crítico ("Erro grave") ou finalizou o caso. Caso uma dessas condições seja atingida, o encadeamento sequencial de regras é ativado, as variáveis de armazenamento são recuperadas, e as frases de *feedback* são apresentadas de acordo com os erros ou acertos cometidos pelo usuário. Essa interação assegura que o modelo responda de maneira precisa, fornecendo *feedback* ao jogador.





Parte envolvida	Índice da frase de <i>feedback</i>	Frase de <i>Feedback</i>	Finalidade da frase	Condições envolvidas
Desfecho do jogo	0	O paciente retornou à circulação espontânea.	Informar ao jogador o desfecho do paciente	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos + desfecho positivo do perfil
	1	O paciente evoluiu para óbito.		Se houver ocorrência de erro grave + exceções da condição: ordem correta dos procedimentos + desfecho positivo do perfil
	2	Fim do jogo.	Informar ao jogador quando o caso terminar de forma automática por causa de um erro grave	Ocorrência de erro grave
Indicador de progresso	0	Você cometeu um ou mais erros relevantes para a adequada condução de uma situação de RCP e para sua aprovação. Recomenda-se que reveja suas condutas e tente novamente.	Informar ao jogador o motivo genérico do jogo ter sido interrompido de forma automática e motivá-lo a tentar outra vez	Ocorrência de erro grave
	1	Independentemente do desfecho do paciente, sugiro que revise o suporte de vida, atente-se ao caso e tente novamente.	Motivar o jogador a tentar outra vez, uma vez que não conseguiu lograr êxito no treinamento	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem incorreta dos procedimentos
	2	Você contribuiu para este desfecho. Parabéns pelo excelente trabalho!	Felicitar o jogador por ter logrado êxito no treinamento	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos + desfecho positivo do perfil
	3	Você agiu corretamente, respeitando a ordem de não reanimação. Parabéns!	Felicitar o jogador por ter logrado êxito no treinamento e respeitar a ordem de não-RCP do paciente do caso de ID nº 10	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos + caso de ID nº 10
	4	Não desanime; você realizou o melhor possível com excelência. Situações como essa ocorrem com frequência, especialmente no	Felicitar o jogador por ter logrado êxito no treinamento e motivá-lo dado a morte do paciente. Pois, em situações	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos + desfecho negativo do perfil

		atendimento de suporte de vida.	reais de suporte à vida, mesmo que o profissional faça tudo correto, ainda assim o paciente pode vir a óbito	
Resultado	0	APROVADO	Dar o veredito a cerca dos conhecimentos do jogador	Ordem correta dos procedimentos
	1	REPROVADO		Ordem incorreta dos procedimentos
Observação	0	Você demonstrou competência na execução dos procedimentos.	Mostrar que o jogador foi aprovado porque tem conhecimento teórico a cerca da ordem correta dos procedimentos	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos
	1	Você demonstrou conhecimento sobre procedimentos de suporte de vida e priorizou a ética profissional.	Mostrar que o jogador foi aprovado porque tem conhecimento teórico a cerca dos procedimentos e segue os princípios éticos	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem correta dos procedimentos + caso de ID nº 10
	2	Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos de suporte de vida.	Mostrar que o jogador foi reprovado porque não demonstrou suficiência de conhecimento teórico a cerca da ordem correta dos procedimentos	Se houver ocorrência de erro grave + ordem incorreta dos procedimentos
	3	Você demonstrou conhecimento sobre os procedimentos, mas não priorizou a ética profissional.	Mostrar que o jogador foi reprovado porque não seguiu os princípios éticos, embora tenha demonstrado suficiência de conhecimento teórico a cerca da ordem correta dos procedimentos	Se não houver ocorrência de erro grave + ordem de procedimentos 2 ou 3 do caso de ID nº 10
	4	Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos e não priorizou a ética profissional.	Mostrar que o jogador foi reprovado porque não seguiu os princípios éticos e não demonstrou suficiência de conhecimento teórico a cerca da ordem correta dos procedimentos	Se não houver ocorrência de erro grave + caso de ID nº 10
	5	Você não demonstrou o conhecimento essencial e indispensável para a	Mostrar que o jogador foi reprovado porque	Ocorrência de erro grave

		condução dos procedimentos.	cometeu erros graves que implicam na segurança pessoal, do paciente ou da equipe	
--	--	-----------------------------	--	--

Fonte: Elaboração própria.

- Indicadores de Progresso: Fornecem uma visão geral do desempenho do usuário, com ênfase em erros críticos e sucessos, conforme foi possível observar no Quadro 2;
- Histórico de Ações: Lista completa e cronológica das ações realizadas pelo usuário;
- Relatório Detalhado: Oferece uma análise específica para cada erro cometido, com orientações para melhoria. O Quadro 3 organiza as mensagens de *feedback* por procedimento, associando-as às etapas do algoritmo de SAVC. Além disso, apresenta a finalidade a ser atingida por cada frase, bem como as variáveis e regras envolvidas em sua ativação;

Quadro 3 – Frases de avaliação utilizadas no relatório estruturado

Parte envolvida	Procedimento	Índice da frase de <i>feedback</i>	Frase de <i>Feedback</i>	Condições envolvidas
Relatório	Solicitar "afastar!"	0	“Você comprometeu a segurança da equipe ao não alertar sobre a necessidade de afastamento no momento da desfibrilação.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR*? Deixou de realizar alguma atividade? Ocorreu desfibrilação sem afastar? Erro grave.
		1	“Houve incerteza quanto ao momento certo para solicitar que a equipe se afastasse ou sobre o motivo dessa solicitação.”	A ordem está correta?
	Chamar ajuda	0	“Houve incerteza quanto ao momento adequado para chamar ajuda; isso deveria ter ocorrido após diagnosticar a PCR.”	A ordem está correta?
		1	“Você insistiu em realizar todas as tarefas sozinho. É importante revisar suas condutas e reconhecer que o cuidado em saúde é uma prática colaborativa. Para alcançar a excelência profissional, é fundamental trabalhar em equipe.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade?

	Realizar desfibrilação	0	“Você administrou desfibrilação no paciente sem indicação necessária.”	A ordem está correta? Ritmo chocável? Identificou o ritmo e desfibrilou corretamente?
		1	“Você não administrou desfibrilação no paciente, apesar da indicação necessária.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Ritmo chocável? Identificou o ritmo e desfibrilou corretamente?
		2	“Você administrou desfibrilação em um paciente que apresentava ritmo sinusal e pulso presente.”	A ordem está correta? Ritmo sinusal? Identificou o ritmo e desfibrilou corretamente?
		3	“Você posicionou as pás do desfibrilador em locais inadequados.”	A ordem está correta? O local está correto?
	Iniciar compressões	0	“Você não prestou os cuidados iniciais adequadamente ao deixar de realizar as compressões imediatamente após constatar a PCR.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Não fez compressões adequadamente?
		1	“Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? O local está correto?
	Delegar funções	0	“Você deixou a equipe de código azul ociosa ao esquecer de delegar atribuições ou fazê-lo tardiamente.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade?
		1	“Você delegou múltiplos procedimentos para serem realizados simultaneamente pela mesma pessoa.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Delegou corretamente?
		2	“Você delegou atribuições que não correspondem às prioridades da categoria profissional da pessoa designada em uma situação de PCR.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Delegou corretamente?
		3	“Você delegou a tarefa de 'Definir VAA' a um(a) enfermeiro(a).”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Delegou corretamente?

	Administrar drogas	0	“A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar a punção do acesso e a administração das medicações.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Delegou o profissional?
		1	“A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você não administrou a(s) droga(s) no momento adequado.”	A ordem está correta?
		2	“A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você não indicou a droga ou a dose correta.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Droga e dose corretas?
	Administrar VAA	0	“Você não administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Entubou quando necessário?
		1	“Você administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente de forma prematura.”	A ordem está correta? Entubou quando necessário?
		2	“Você administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente de maneira tardia.”	A ordem está correta? Entubou quando necessário?
		3	“A administração da ventilação assistida avançada (VAA) não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Delegou o profissional?
	Solicitar exames	0	“Você solicitou exames não essenciais para o momento de uma PCR.”	A ordem está correta?
	Delegar compressões	0	“Houve incerteza quanto ao momento de solicitar a troca de pessoal para realizar as compressões. A troca regular é essencial para manter a qualidade das manobras e evitar a	A ordem está correta?

			fadiga da equipe.”	
		1	“Você manteve a mesma pessoa realizando a massagem cardíaca por um tempo prolongado. Lembre-se de alternar os membros da equipe para garantir a eficácia das compressões e preservar a ergonomia.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Há profissional sobrecarregado?
	Avaliar responsividade	0	“Você não conseguiu diagnosticar a PCR.”	Caso 10? Deixou de realizar alguma atividade?
		1	“Houve incerteza quanto ao momento adequado para verificar a responsividade do paciente.”	A ordem está correta?
	Aferir pulso e ritmo	0	“Você tentou aferir o pulso do paciente em um local incorreto.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? O local está correto?
		1	“Você deixou de aferir o pulso e o ritmo cardíaco.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade?
		2	* Houve incerteza quanto ao momento certo para aferir o pulso e o ritmo cardíaco.	A ordem está correta?
	Ventilar e realizar compressões	0	“Houve incerteza quanto ao momento adequado para administrar a massagem cardíaca e a ventilação.”	A ordem está correta?
		1	“A ventilação não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”	Caso 10? Usuário obedeceu a ONR? Deixou de realizar alguma atividade? Há profissional encarregado?
	Encerrar caso	0	“Você agiu de maneira antiética ao prosseguir com a RCP, apesar da presença da ONR no prontuário do paciente.”	A ordem está correta? Usuário obedeceu a ONR?
		1	“A RCP foi interrompida antes de completar o número mínimo de ciclos recomendado para este cenário (n = 8).”	Quantidade de ciclos maior ou menor que 8?

		2	“Você não interrompeu a RCP após o retorno da circulação espontânea do paciente.”	A ordem está correta? Ritmo sinusal?
		3	“A RCP ultrapassou o limite de 8 ciclos permitido neste cenário. É importante monitorar o tempo para garantir intervenções mais eficazes.”	Quantidade de ciclos maior ou menor que 8?
		4	“Você deixou de realizar cuidados necessários e essenciais por um período prolongado, reduzindo as chances de reversibilidade do quadro do paciente (se aplicável).”	Caso 10? O usuário ficou ocioso?
		5	“Você cometeu um erro grave que, na vida real, poderia custar uma vida ou ocasionar prejuízos legais. Considerando isso, o jogo foi interrompido automaticamente.”	Caso 10? Erro grave.
		6	“Excelente trabalho! Você demonstrou precisão no atendimento.”	Caso 10? Deixou de realizar alguma atividade? Usuário não obedeceu a ONR? A ordem está correta?

\* Ordem de não-reanimação

Fonte: Elaboração própria.

- Resultado: Corresponde à classificação do usuário como "aprovado" ou "reprovado", com base nos erros cometidos durante a condução de um caso no SAV-me. Para exemplificar esse processo, na condição referente ao resultado "aprovado" — "Ordem correta dos procedimentos", apresentada no Quadro 2 — são utilizadas regras como  $\neg P \wedge (A \vee B) \Rightarrow C$ , em que:
  - P representa o paciente do caso 10 ( $\neg P$  refere-se aos demais casos);
  - A indica que o histórico de ações do usuário é semelhante à sequência correta 1;
  - B indica que o histórico é semelhante à sequência correta 2;
  - C representa a atribuição de um conceito verdadeiro, ou seja, o usuário é considerado aprovado.

Tais regras são processadas pelo motor de inferência para avaliar o desempenho do



jogador diante do caso apresentado. Dessa forma, o usuário é considerado "aprovado" quando executa todas as ações obrigatórias do protocolo, na sequência correta, e sem cometer erros críticos que comprometam o desfecho clínico.

Por outro lado, a reprovação é justificada pelo impacto que os erros críticos e/ou não críticos podem causar na execução do protocolo. Essa lógica foi construída com base no julgamento de especialistas da área, sendo posteriormente formalizada em regras. Um exemplo pode ser observado na seguinte formulação, que atribui o conceito falso (reprovação) quando o histórico de ações do usuário difere das duas ordens de procedimentos corretas:

$$\neg P \wedge (A \wedge B) \Rightarrow C \wedge D$$

em que:

- P indica que o paciente não pertence ao caso 10 ( $\neg P$  refere-se aos demais casos);
- A e B representam, respectivamente, as situações em que o histórico do usuário é diferente da ordem de procedimentos 1 e da ordem de procedimentos 2;
- C corresponde à atribuição do valor falso à variável conceito, sinalizando a reprovação por não ter seguido nenhuma das sequências corretas;
- D refere-se ao registro dos erros cometidos no sistema.

Essa lógica de classificação foi definida com o objetivo de refletir fielmente as diretrizes do algoritmo de SAVC, assegurando que o treinamento no SG enfatize a execução correta das ações críticas e a adesão rigorosa aos protocolos. A aprovação está condicionada à capacidade do usuário de seguir a sequência lógica das etapas obrigatórias, considerando que falhas nessas ações comprometem diretamente a segurança do paciente em um contexto real.

A falta de aderência às diretrizes — seja pela omissão de ações essenciais, seja pela desorganização na sequência das etapas — compromete a eficácia do treinamento e a capacidade do usuário de aplicar o conhecimento adquirido de forma segura e eficiente em situações práticas. Essa abordagem foi adotada para promover um aprendizado direcionado, assegurando que os usuários não apenas memorizem os passos do protocolo, mas compreendam sua lógica e relevância, estimulando a melhoria contínua em um ambiente controlado.

### 4.3. Diferenciais e inovações

O modelo inteligente do SG apresenta inovações relevantes no treinamento em SAVC, incluindo:

- Objetividade na Avaliação: O uso de coleção de cadeias de caracteres e encadeamentos

sequenciais de regras elimina subjetividades, proporcionando avaliações consistentes.

- Foco Educacional: O *feedback* permite ao usuário identificar pontos críticos de melhoria, promovendo reflexão e aprendizado contínuo.
- Acessibilidade: A integração com dispositivos móveis amplia o alcance da ferramenta, permitindo re-testes sem custos adicionais e aumentando a capilaridade do treinamento.

## 5. O SAV-ME: CARACTERÍSTICAS DE IMPLEMENTAÇÃO, MODELAGEM DE FLUXO DE JOGO E PERFIS

A escolha do nome SAV-me foi diretamente relacionada à dinâmica do jogo e ao papel do usuário na interação com o personagem não jogável (*non-playable character*, NPC). No jogo, o usuário assume a responsabilidade de prestar cuidados de saúde a esse NPC em um contexto de ACE de nível avançado. Essa relação sugere um apelo simbólico do NPC, que, ao se encontrar em estado crítico, poderia estar "pedindo ajuda" de maneira implícita. Assim, a ideia de uma sigla que remetesse a um pedido de socorro, como "salve-me", foi considerada apropriada, estabelecendo uma conexão emocional entre o jogador e o cenário clínico simulado. Além disso, o termo "salve" apresenta uma sonoridade semelhante a "SAV", que significa "suporte avançado de vida", conceito que abrange uma série de procedimentos avançados realizados em situações críticas, incluindo o protocolo de SAVC, que constitui o tema central do jogo. Essa semelhança sonora permite ao nome escolhido transmitir duplos significados: o apelo de socorro do NPC e a associação direta ao conteúdo técnico do jogo. Nesse contexto, "SAV-me" foi selecionado como o nome da aplicação proposta, compondo um jogo de palavras entre "salve-me" e "SAV". Essa escolha não apenas reforça a relação com o suporte avançado de vida, mas também adiciona um elemento de engajamento e relevância emocional para o usuário, alinhando-se ao objetivo educacional do SG.

O desenvolvimento do SAV-me foi realizado com o objetivo de criar uma ferramenta educacional complementar ao treinamento em SAVC, integrando elementos tecnológicos e pedagógicos em um SG acessível e eficiente. Este processo incluiu desde o planejamento até a implementação técnica, com etapas que garantiram a adesão às diretrizes do algoritmo de SAVC e a eficiência na avaliação do desempenho dos usuários.

O primeiro passo foi o planejamento do jogo, que envolveu a revisão de literatura para identificar boas práticas em SGs voltados à área da saúde. Esse levantamento inicial norteou a definição dos objetivos educacionais e dos requisitos funcionais do jogo. Para assegurar que o conteúdo fosse cientificamente fundamentado e relevante, consultaram-se especialistas em cardiologia e emergência, que validaram fluxogramas e cenários baseados no protocolo da AHA. A definição dos cenários intra e extra-hospitalares foi um ponto essencial nesse planejamento, com a seleção de situações que representassem desafios realistas para os usuários, permitindo uma experiência educacional rica e alinhada à prática clínica.

Na etapa de prototipagem, iniciaram-se os testes com um produto de baixa fidelidade, utilizando ferramentas simples como Microsoft PowerPoint e diagramas para simular fluxogramas e sequências de ações. Essa etapa foi essencial para validar a lógica do jogo e

identificar possíveis ajustes antes de partir para uma implementação mais detalhada. Esses protótipos permitiram avaliar a coerência dos cenários, o sequenciamento das ações e a compreensão do jogador, com *feedback* direto dos especialistas consultados.

Posteriormente, avançou-se para os protótipos de alta-fidelidade. Essa fase marcou o início da programação na plataforma Unity, utilizando a linguagem de programação C#. O processo envolveu a criação de cenários interativos e a integração dos elementos visuais, como animações e representações gráficas que simulavam ambientes intra e extra-hospitalares. Durante essa fase, as tomadas de decisões eram constantemente avaliadas em conjunto com a equipe, visando otimizar a interface do jogo e garantir que ela fosse intuitiva para os usuários.

O modelo inteligente foi construído com base em um SBC, que utilizava listas de frases para ativar encadeamentos sequenciais de regras predefinidos. Essas regras eram desenhadas para analisar as ações do usuário em tempo real, identificando erros críticos e secundários. Durante o desenvolvimento, houve a necessidade de ajustar a implementação para assegurar que as mensagens de *feedback* fossem apresentadas no momento correto, considerando tanto as condições de acerto quanto as falhas. Essa etapa envolveu diversos ciclos de validação, que resultaram em refinamentos constantes no código e na lógica do jogo.

O fluxo do jogo foi cuidadosamente projetado para ser intuitivo e educativo, com o objetivo de promover o aprendizado e o autogerenciamento do conhecimento pelo usuário. Cada caso clínico seguia um roteiro estruturado, iniciando com a apresentação detalhada do paciente e avançando até o fornecimento de um *feedback* abrangente. A interface foi desenvolvida para exibir informações cruciais, como o desfecho do paciente, indicadores de progresso, um histórico cronológico das ações realizadas e relatórios detalhados sobre o desempenho, permitindo ao usuário identificar acertos, erros e áreas que necessitam de melhoria. Além disso, a interface também apresenta o prontuário do paciente, um tutorial para orientar o usuário e o cenário principal do atendimento, garantindo uma experiência educacional completa.

Outro aspecto importante foi a elaboração de cinco perfis distintos que serviram como base para os dez casos simulados no jogo. Esses perfis (vide seção 5.2) foram criados para abranger diferentes cenários clínicos comuns em emergências cardiovasculares, como fibrilação ventricular, taquicardia ventricular, atividade elétrica sem pulso e assistolia. Cada perfil foi desenhado com o objetivo de desafiar o jogador em aspectos específicos, como o sequenciamento correto das ações ou a escolha adequada de medicamentos. A validação desses perfis envolveu revisões detalhadas com especialistas, garantindo que os casos fossem representativos e alinhados à prática clínica.

Durante a validação técnica, o jogo foi testado em três fases distintas. Inicialmente, realizaram-se testes internos para avaliar a consistência do modelo inteligente e o funcionamento das regras. Em seguida, especialistas testaram o jogo, oferecendo *feedback* sobre usabilidade, precisão das avaliações e relevância dos cenários simulados. Por fim, ajustes finais foram realizados com base nas sugestões recebidas, assegurando que o SAV-me atendesse aos objetivos propostos e proporcionasse uma experiência educacional acessível e completa.

A história do desenvolvimento do SAV-me reflete o empenho em unir conhecimentos clínicos e tecnológicos. Desde a definição inicial do projeto até a implementação final, cada etapa foi marcada por desafios que demandaram soluções criativas e colaboração entre especialistas. O resultado é um SG (vide seção 6) que não apenas complementa o treinamento em SAVC, mas também representa um modelo inovador para o uso de tecnologias na educação em saúde.

### 5.1. Fluxo dos casos

O fluxo dos casos demonstra como as decisões no jogo são conduzidas frente à sequência correta de procedimentos. Para fins de exemplificação do funcionamento do jogo, são considerados apenas os cinco perfis (vide Seção 5.2). É importante destacar que algumas das variáveis apresentadas nos fluxogramas são compartilhadas com o modelo inteligente do SG.

Na Figura 8, observa-se o que ocorre ao iniciar o atendimento em qualquer um dos dez casos simulados. O fluxo começa com a etapa de “Avaliar responsividade” do paciente, na qual o sistema verifica se o paciente do caso está responsivo ou não e apresenta essa informação na tela para o usuário. Em seguida, o algoritmo avalia se o caso está configurado como não-reanimável, isto é, se há uma ordem de não-reanimação registrada no prontuário do paciente. Caso essa condição seja verdadeira, o caso é encerrado neste ponto; do contrário, o fluxo prossegue para as etapas de “Chamar ajuda” e “Iniciar compressões”. Neste último momento, é iniciada a contagem de ciclos de compressão. Com a chegada da ajuda, a próxima etapa é a de “Delegar funções”, que, ao ser concluída, permite o avanço para a fase seguinte do atendimento.

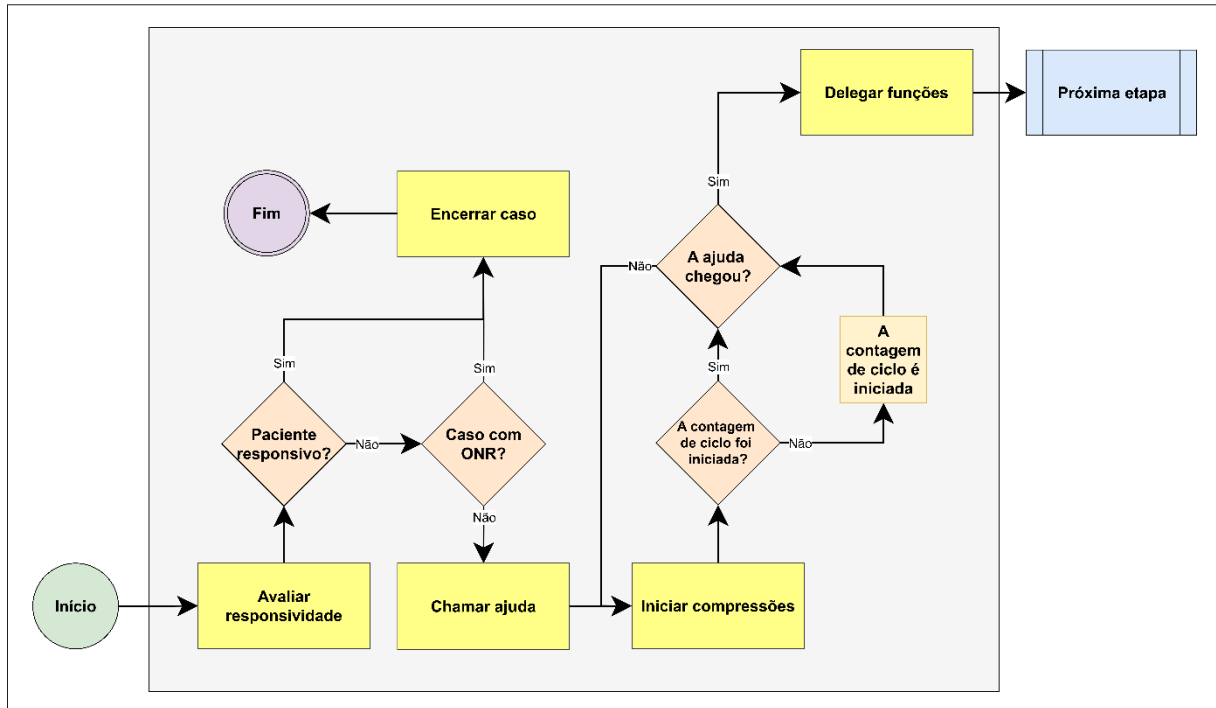


Figura 8 – diagrama de fluxo de jogo da parte inicial do SAV-me

Fonte: Elaboração própria.

A Figura 9 apresenta o algoritmo no qual o usuário deve passar a maior parte do tempo durante o jogo, uma vez que ele concentra o elemento denominado “Ponto de conexão”. Esse elemento gráfico tem a função de unir os demais algoritmos e representa o ponto pelo qual o usuário obrigatoriamente deve passar até concluir o atendimento corretamente. Nesse algoritmo, estão incluídos os procedimentos de “Delegar compressões”, “Ventilar e realizar compressões”, “Aferir pulso e ritmo” e “Encerrar caso”, além das variáveis que verificam as condições para o encerramento do caso, como “Pulso e ritmo sinusal presentes?” e “A contagem de ciclos é maior ou igual a 8?”.

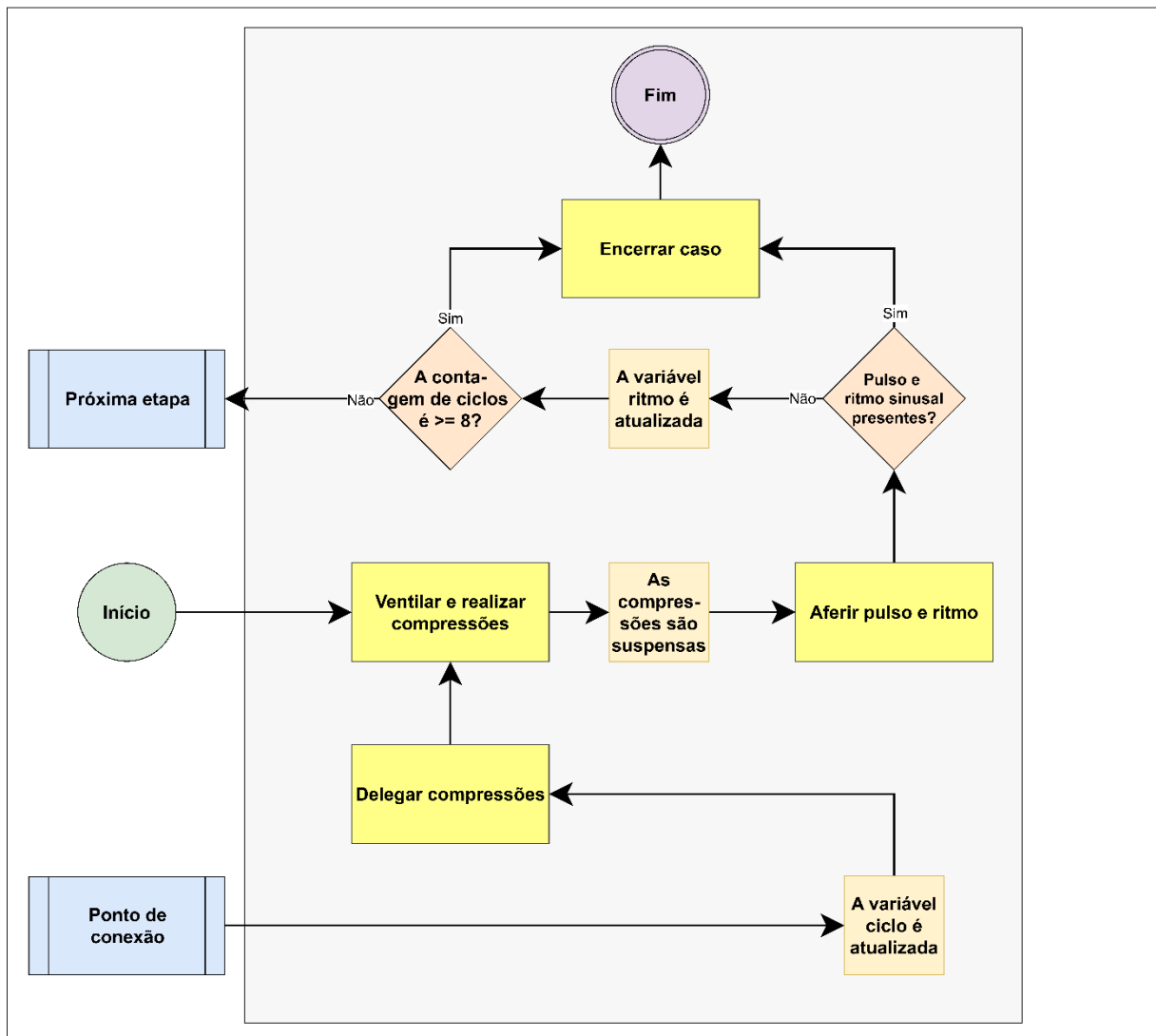


Figura 9 – diagrama de fluxo de jogo da parte principal do SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.

As Figuras 10 e 11 delimitam a sequência lógica de tratamentos aplicados quando o ritmo do paciente no jogo é chocável. Essas sequências são divididas em dois fluxos principais: administração de adrenalina e administração de amiodarona, respectivamente.

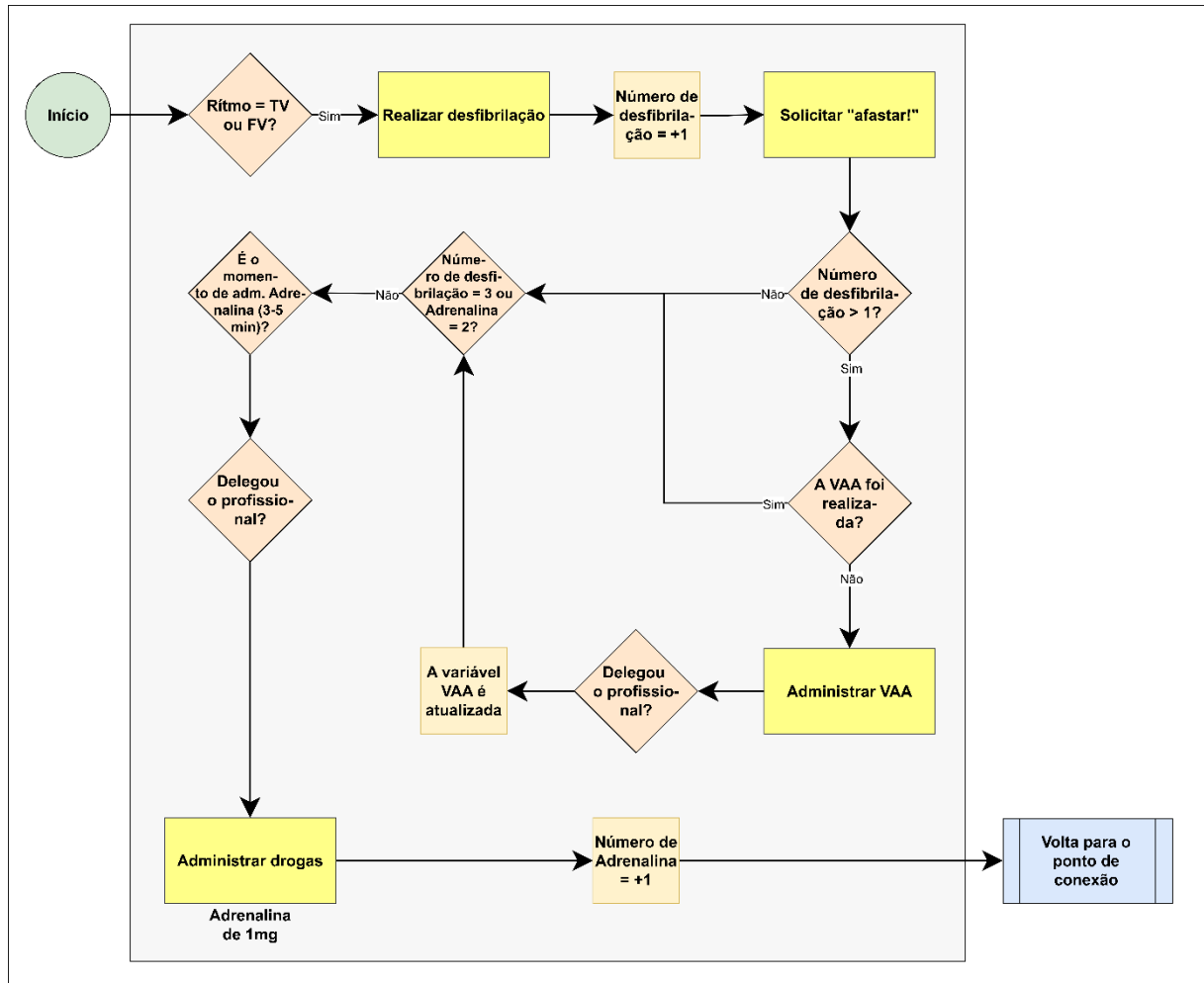


Figura 10 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo chocável e administração de adrenalina do SAV-me

Fonte: Elaboração própria.



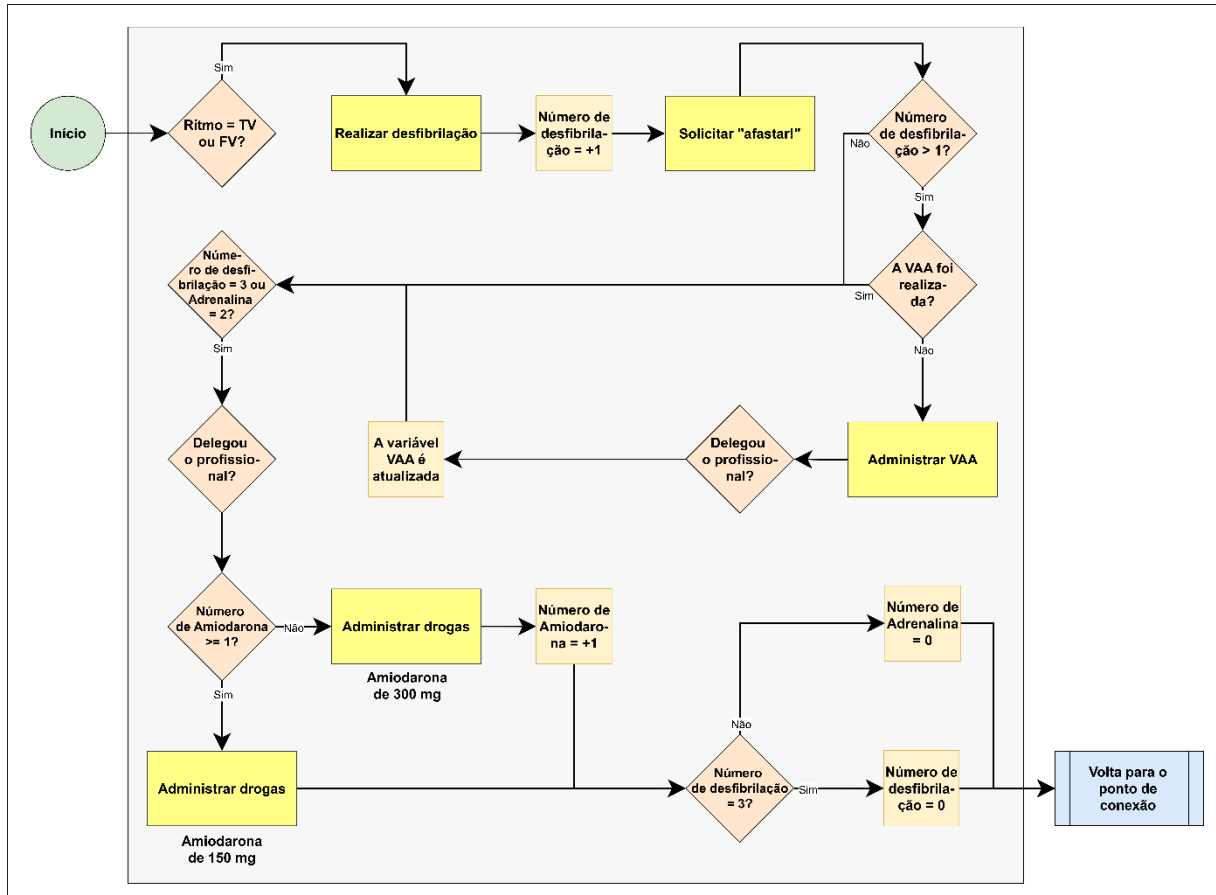


Figura 11 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo chocável e administração de amiodarona do SAV-me

Fonte: Elaboração própria.

Tanto a Figura 10 quanto a Figura 11 iniciam com as etapas de “Realizar desfibrilação”, “Solicitar ‘afastar!’” e “Administrar VAA”. Entre essas ações, o algoritmo realiza verificações para determinar o momento ideal para a administração de VAA. A partir desse ponto, o fluxo se subdivide em dois algoritmos distintos: um direcionado para a administração de adrenalina (representado na Figura 10) e outro para a administração de amiodarona (Figura 11). A condição que determina essa divisão é “Número de desfibrilações = 3 ou Adrenalina = 2?”. Caso essa condição seja falsa, o fluxo seguirá para o algoritmo de administração de adrenalina; caso contrário, o algoritmo correspondente será o de amiodarona.

Na Figura 10, o procedimento de “Administrar drogas”, mais especificamente a adrenalina, ocorre conforme o tempo correto para a administração da droga (entre 3 e 5 minutos) e a delegação de um profissional responsável, culminando no ponto de conexão. Por sua vez, na Figura 11, o procedimento de “Administrar drogas”, especificamente a amiodarona, ocorre após a delegação de um profissional responsável e depende do número de doses previamente

administradas. Caso nenhuma dose tenha sido aplicada, administra-se 300 mg; do contrário, é aplicada uma dose de 150 mg. Assim como no fluxo anterior, o algoritmo termina no ponto de conexão.

A Figura 12, por sua vez, apresenta o algoritmo para as decisões relacionadas às manobras em situações onde o ritmo não é chocável. Nesse caso, o fluxo passa por uma verificação para determinar se é o momento de “Encerrar caso”. Caso contrário, avalia-se a necessidade de realizar os procedimentos de “Administrar VAA” e “Administrar drogas”, sendo esta última limitada à administração de adrenalina. As regras para esses procedimentos seguem as mesmas mencionadas anteriormente, garantindo a padronização das ações dentro do algoritmo.

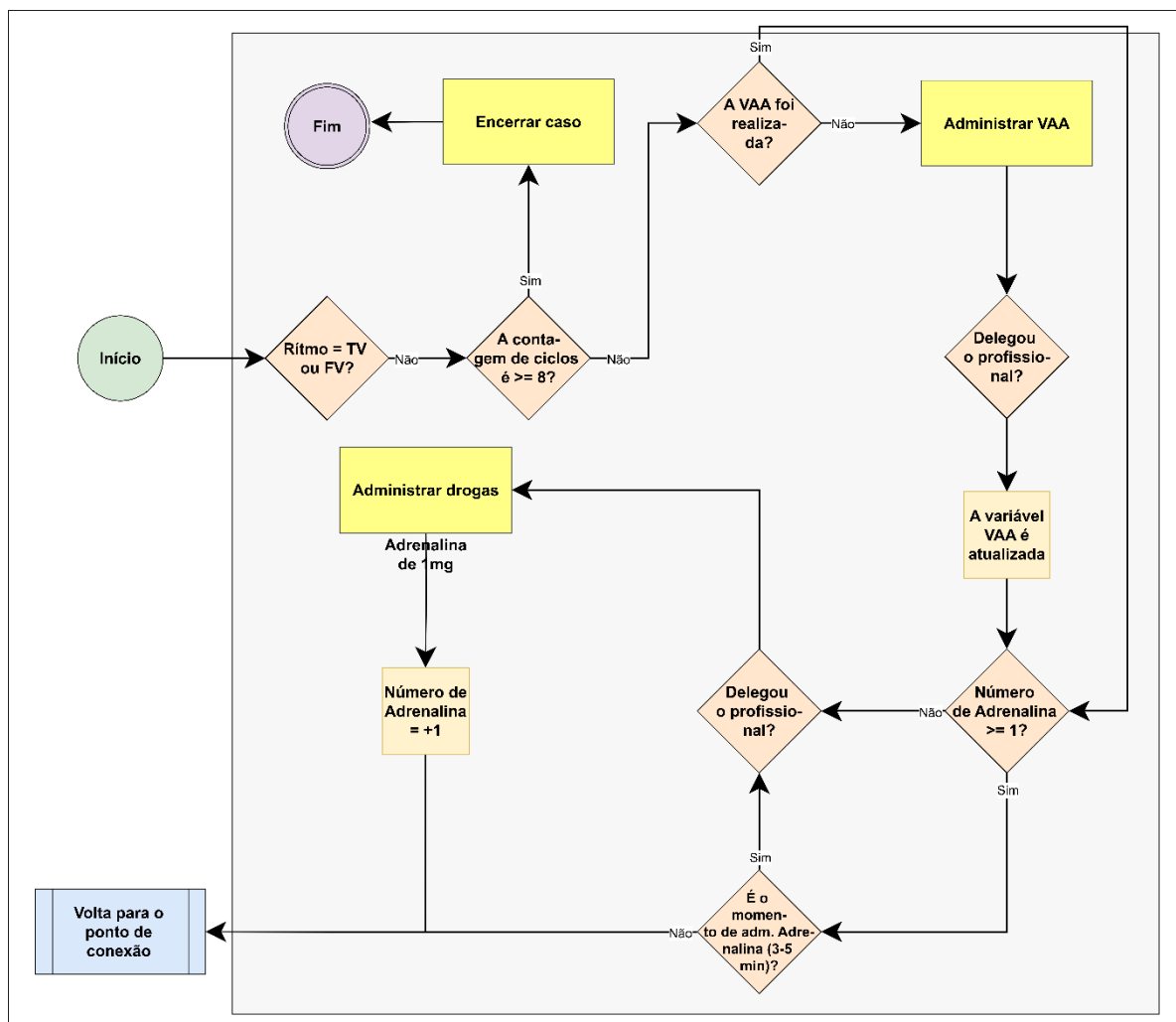


Figura 12 – diagrama de fluxo de jogo de ritmo não-chocável de desfibrilação do SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.

## 5.2. Perfis dos casos

Os perfis dos casos foram definidos a partir de condições clínicas pré-estabelecidas, com base nos ritmos cardíacos dos pacientes. Para garantir diversidade nas situações apresentadas no SG, foram elaborados cinco perfis distintos, cada um com características clínicas específicas, que se alternam ao longo dos dez casos do jogo. Além da variação no quadro clínico do paciente, cada caso ocorre em um cenário diferente, refletindo distintos contextos de atendimento, como emergências hospitalares e pré-hospitalares. Essa abordagem visa proporcionar uma experiência mais abrangente, desafiando o jogador a adaptar suas decisões conforme o perfil do paciente e o ambiente de atuação. Cada perfil inclui de duas a três sequências de procedimentos, estruturadas de acordo com os padrões do algoritmo da AHA para adultos e validadas por especialistas, conforme apresentado no Quadro 4. As Sequências 1 e 2 representam as ordens corretas para todos os casos, com exceção do caso de Carolina, no qual apenas a Sequência 1 é considerada correta. Já as Sequências 2 e 3 correspondem a fluxos que seriam corretos, caso não houvesse uma ONR registrada no prontuário desse caso específico.

Quadro 4 – Perfis clínicos e sequência de procedimentos nos casos do SAV-me

Perfil	Condição	Composição			Casos
		Ordem 1	Ordem 2	Ordem 3	
1	Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 1); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 2); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 3); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 4); Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 5); Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 6)	"Avaliar responsividade", "Chamar ajuda", "Iniciar compressões", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e	"Avaliar responsividade", "Iniciar compressões", "Chamar ajuda", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e	Não se aplica	Bianca, Não-identificado e Raul

	6); Ritmo sinusal (Pós-ciclo 7)	realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"	realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"		
2	Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 1); Fibrilação ventricular (Pós-ciclo 2); Fibrilação ventricular (Pós-ciclo 3); Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 4);	"Avaliar responsividade", "Chamar ajuda", "Iniciar compressões", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e	"Avaliar responsividade", "Iniciar compressões", "Chamar ajuda", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"", "Delegar compressões", "Ventilar e	Não se aplica	Khabi e Andréia

	<p>Fibrilação ventricular (Pós-ciclo 5); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 6); Assistolia (Pós-ciclo 7); Assistolia (Pós-ciclo 8); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 9)</p>	<p>realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar</p>	<p>realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar “afastar!”", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar</p>		
--	---	--	--	--	--

		compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"	compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"		
3	Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 1); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 2); Atividade elétrica sem pulso (Pós-ciclo 3); Taquicardia ventricular (Pós-ciclo 4); Ritmo sinusal (Pós-ciclo 5)	"Avaliar responsividade", "Chamar ajuda", "Iniciar compressões", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"",	"Avaliar responsividade", "Iniciar compressões", "Chamar ajuda", "Delegar funções", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar VAA", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Administrar drogas", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!"",	Não se aplica	Não-identificada e Heitor







			ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!""", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"	ritmo", "Realizar desfibrilação", "Solicitar "afastar!""", "Delegar compressões", "Ventilar e realizar compressões", "Aferir pulso e ritmo", "Encerrar"	
--	--	--	---	---	--

Fonte: Elaboração própria.

Conforme mencionado anteriormente, os perfis possuem desfechos predefinidos, considerando a imprevisibilidade do sucesso de manobras de RCP na vida real, mesmo em condições ideais de domínio teórico-prático pela equipe de código azul. Dessa forma, o principal objetivo do jogo é verificar se o usuário é capaz de indicar os procedimentos corretos conforme uma das sequências válidas para cada um dos cinco perfis.

Após discussões com especialistas, definiu-se que o foco do SG seria a avaliação do conhecimento teórico do usuário sobre SAVC. Assim, o critério de aprovação foi estabelecido com base na demonstração de conhecimento suficiente, independentemente de o paciente simulado sobreviver ou não, refletindo a imprevisibilidade do desfecho real mencionada anteriormente. No entanto, para garantir consistência na experiência do jogo e evitar incoerências como reprovar o usuário e, em seguida, apresentar um desfecho positivo do paciente, decidiu-se que, em caso de erros graves do usuário, o paciente permaneceria morto.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O SAV-me inicia-se com a tela ilustrada na Figura 13, que apresenta as seguintes opções: “Iniciar”, “Sobre”, “Créditos” e “Sair”. A opção “Iniciar” permite ao usuário dar início ao enredo do SG, possibilitando a escolha entre atender um caso aleatório ou selecionar uma dentre as dez opções disponíveis, conforme ilustrado na Figura 14. Em seguida, o usuário pode optar por visualizar o tutorial do jogo. Independentemente da escolha, ele será direcionado para a tela onde são apresentadas a história do caso e as informações sobre o paciente a ser atendido (Figura 15). A partir desse ponto, o usuário executa os procedimentos necessários e, ao término do atendimento, recebe *feedback* com base em seu desempenho.



Figura 13 – Tela inicial do serious game SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.



Figura 14 – Tela de seleção de casos clínicos no SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.

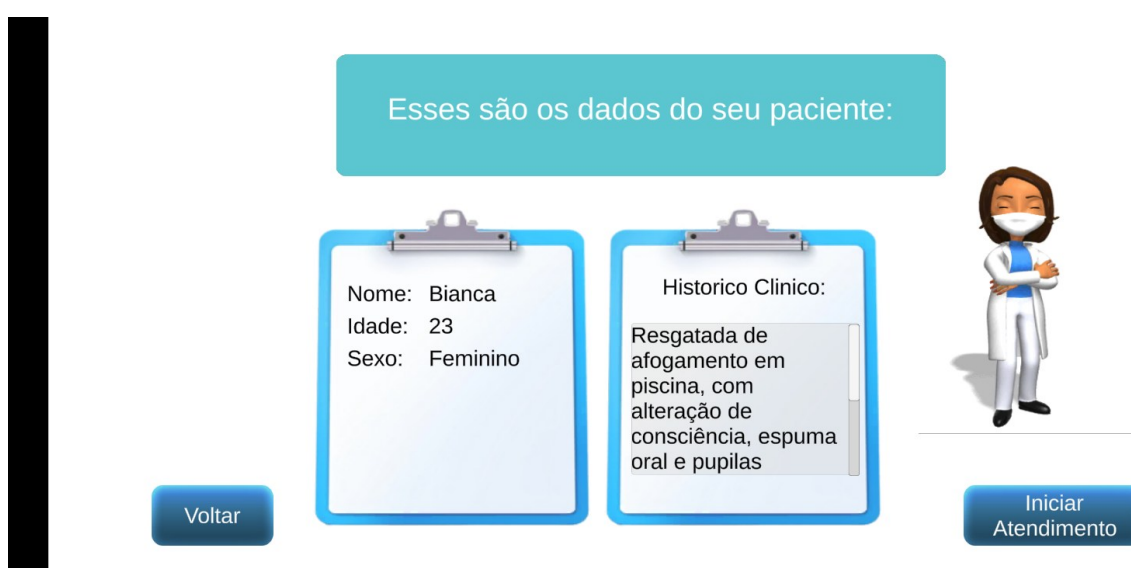


Figura 15 – Interface do prontuário digital no SAV-me  
Fonte: Elaboração própria.

Para a realização dos procedimentos necessários de SAVC, o usuário dispõe das opções disponibilizadas na roda de procedimentos, localizada na forma de um menu circular no lado esquerdo da tela (Figura 16). Além disso, a qualquer momento, é possível acessar a opção “Finalizar RCP”, disponível no menu situado no quadrante superior direito da tela, indicado por três traços horizontais. Esse menu também permite ao usuário consultar o prontuário do caso e revisar o histórico de ações executadas. Adicionalmente, há a possibilidade de retornar ao menu



principal por meio da opção “Menu” ou acessar “Ajuda”, onde estão disponíveis as descrições dos procedimentos apresentados na roda de procedimentos.




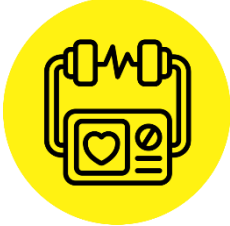
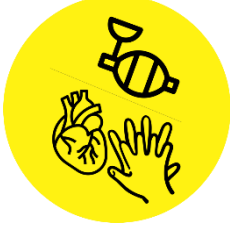
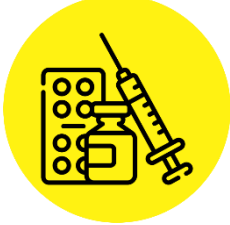






Figura 16 – Interface do SAV-me, com destaque para o menu circular  
Fonte: Elaboração própria.

O Quadro 5 apresenta, de forma detalhada, as opções disponíveis no menu circular, juntamente com os respectivos procedimentos associados. Essa estrutura permite ao jogador visualizar claramente as ações possíveis dentro do SG, facilitando a tomada de decisão e garantindo a correta aplicação dos protocolos de SAVC.

Quadro 5 – Opções do menu circular

Ícone	Procedimento
	Delegar compressões
	Aferir pulso e ritmo

	Delegar funções
	Administrar VAA
	Chamar ajuda
	Realizar desfibrilação
	Ventilar e realizar compressões
	Administrar drogas
	Solicitar exames

	Iniciar compressões
	Avaliar responsividade
	Solicitar "afastar!"

Fonte: Elaboração própria.

A seleção de determinados procedimentos está condicionada à indicação prévia de elementos que possibilitam sua execução. Por exemplo, ao optar por “Solicitar exames”, uma nova janela é exibida para que o usuário selecione o tipo específico de exame a ser solicitado. Da mesma forma, ao escolher “Desfibrilar”, são apresentados parâmetros adicionais para a realização do procedimento, conforme ilustrado na Figura 16.

Além disso, a tela de enredo do SAV-me conta com um elemento situacional, representado por um relógio, que registra o tempo decorrido desde o início da PCR do paciente, bem como a quantidade de ciclos de RCP administrados pelo usuário em conjunto com a equipe.

O *feedback* é apresentado ao usuário por meio de três telas distintas. A primeira tela (lado esquerdo da Figura 17) informa a ocorrência de um desfecho automático do jogo ou exibe o desfecho clínico do paciente, indicando se houve retorno ao ritmo sinusal ou óbito. A segunda tela (lado direito da Figura 17) tem a finalidade de motivar o jogador ou adverti-lo de maneira mais genérica, dependendo do desempenho observado.

Por fim, a terceira tela (Figura 18) exibe a avaliação final do usuário, indicando se ele demonstrou conhecimento adequado para conduzir um procedimento de SAVC. Além disso, essa tela apresenta o histórico das ações realizadas, uma observação geral sobre o desempenho e um relatório detalhado, no qual são descritos os erros cometidos ao longo da partida, com destaque para os procedimentos executados de maneira incorreta.



Figura 17 – Tela de *feedback* do SAV-me – Desfecho clínico do paciente e Motivação e alertas ao usuário  
Fonte: Elaboração própria.

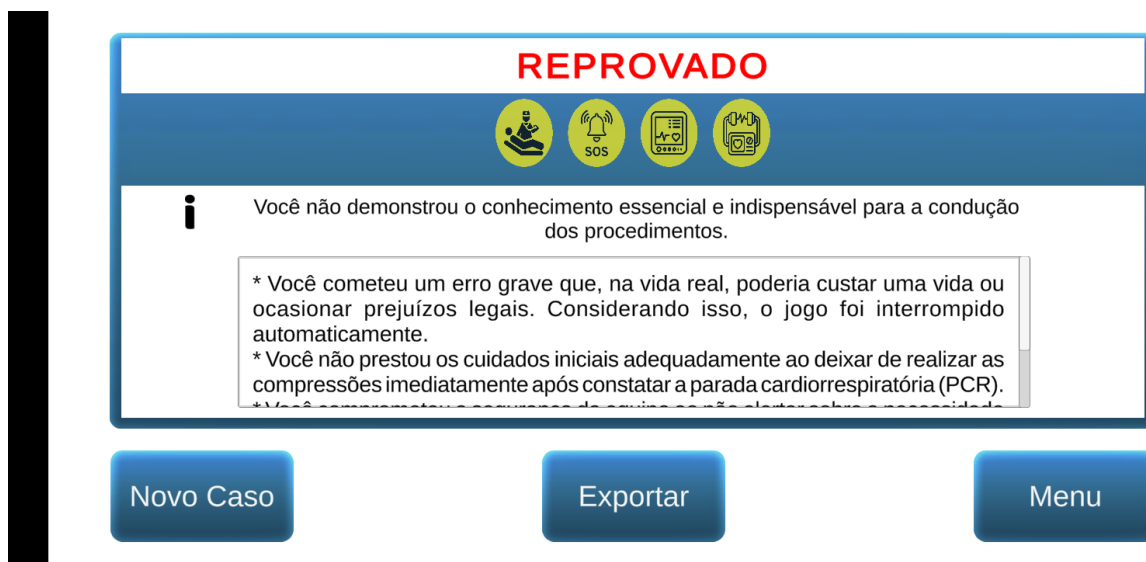


Figura 18 – Tela de *feedback* final do SAV-me – Avaliação e relatório de desempenho  
Fonte: Elaboração própria.

A última tela (Figura 18) foi desenvolvida para permitir que o usuário exporte seu progresso para um arquivo de extensão .txt, que pode ser salvo em seu dispositivo e acessado posteriormente, sempre que necessário. Esse arquivo contém informações detalhadas sobre o desfecho do jogo, indicador de progresso, resultado final, histórico de ações do usuário, observações gerais e um relatório detalhado.

Além disso, essa tela oferece a possibilidade de retornar ao menu principal por meio do botão “Menu” ou iniciar um novo atendimento por meio do botão “Novo caso”. Nesta última opção, o usuário pode selecionar um dos dez casos disponíveis ou optar por que o sistema escolha um caso de forma aleatória.

A opção “Sobre” fornece um breve resumo sobre o jogo, explicando sua proposta educacional e apresentando os ícones que compõem a roleta de procedimentos. Já a aba “Créditos” destaca as instituições e programas de pós-graduação envolvidos no desenvolvimento e nas pesquisas relacionadas ao SG, incluindo o LabTEVE, o Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde (PPgMDS), o Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) e a UFPB. Além disso, essa aba menciona os membros da equipe responsáveis pela concepção e programação do jogo, bem como as fontes dos áudios e demais recursos utilizados. Também é informado que o software foi devidamente registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Por fim, a opção “Sair” permite o encerramento da aplicação.

### **6.1. Sobre o modelo inteligente**

Após exaustivos testes de validação do modelo inteligente — realizados durante uma semana, com inúmeras combinações de condutas para cada um dos cinco perfis (vide Figura 19) — chegou-se a uma configuração de regras que permite ao modelo realizar a avaliação *online* do desempenho do usuário, direcionada aos erros cometidos.

Esses testes envolveram a aplicação do modelo a múltiplas execuções dos casos clínicos do SG, variando parâmetros como a sequência de ações do jogador, o tempo de resposta e a aderência às diretrizes da AHA. A validação foi realizada com base na comparação entre as decisões geradas pelo modelo e as recomendações de especialistas na área, garantindo que o *feedback* fosse coerente, preciso e alinhado às melhores práticas em suporte avançado de vida cardiovascular.



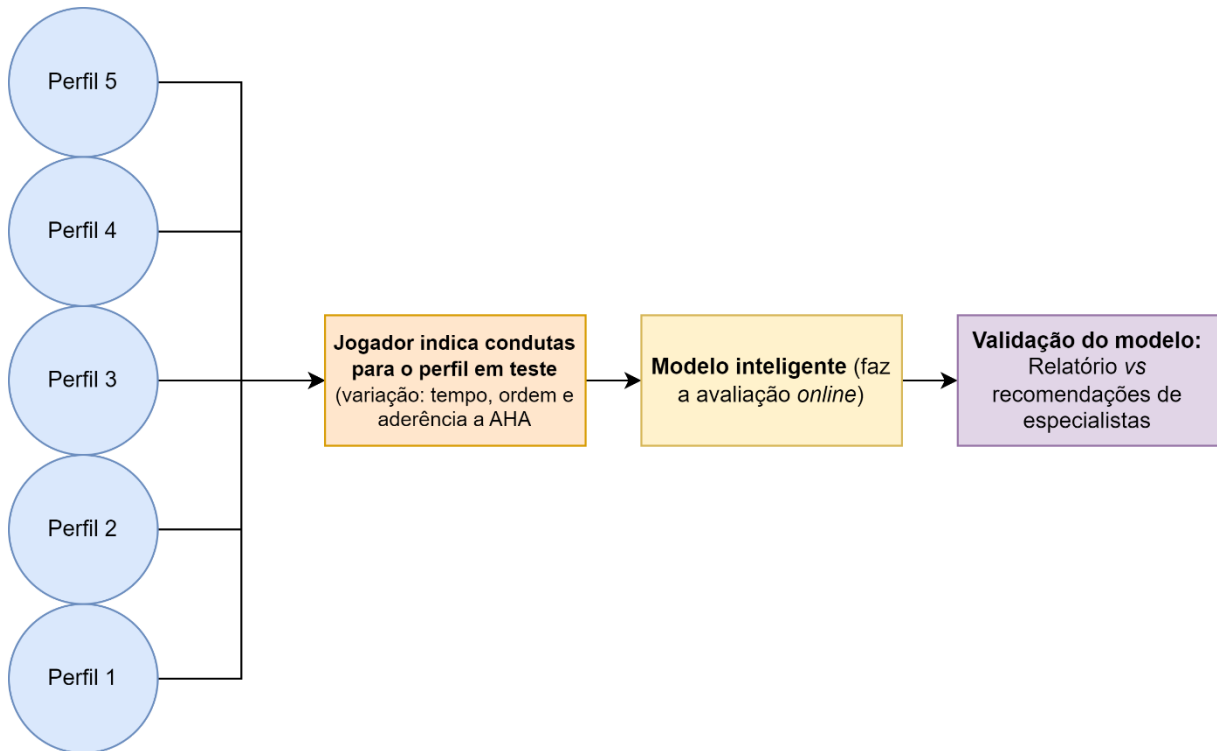


Figura 19 – Teste de validação do modelo inteligente

Fonte: Elaboração própria.

Ratificando as informações ora apresentadas, os testes consistiram em múltiplas execuções dos casos clínicos do SG, variando a sequência de ações do jogador, o tempo de resposta e a aderência às diretrizes da AHA. A validação baseou-se na comparação entre as decisões geradas pelo modelo inteligente (relatório da avaliação *online*) e as recomendações de especialistas, assegurando que o *feedback* fosse coerente, preciso e alinhado às melhores práticas em suporte avançado de vida cardiovascular.

Dessa forma, observou-se que o modelo é capaz de fornecer *feedback* personalizado, adaptando-se às necessidades específicas do usuário. Essas necessidades são identificadas de duas maneiras: previamente, por meio da análise do desempenho do jogador ao longo do cenário clínico, e no momento da geração do *feedback*. Esse mecanismo permite que o sistema ofereça orientações mais direcionadas e contextualizadas, contribuindo para a correção de erros e a melhoria contínua do aprendizado, conforme descrito na Seção 5. O Quadro 6 apresenta alguns dos resultados obtidos durante os testes do modelo, destacando sua eficácia em atender aos objetivos propostos.

Quadro 6 – Estrutura da avaliação *online* no SAV-me

Opções selecionadas	Feedback				
	Desfecho do jogo	Indicador de progresso	Resultado	Observação	Relatório estruturado
Nenhuma	Fim do jogo.	Você cometeu um ou mais erros relevantes para a adequada condução de uma situação de RCP e para sua aprovação. Recomenda-se que reveja suas condutas e tente novamente.	REPROVADO	Você não demonstrou o conhecimento essencial e indispensável para a condução dos procedimentos.	<p>* Você não conseguiu diagnosticar a PCR.</p> <p>* Você deixou de realizar cuidados necessários e essenciais por um período prolongado, reduzindo as chances de reversibilidade do quadro do paciente (se aplicável).</p> <p>* Você cometeu um erro grave que, na vida real, poderia custar uma vida ou ocasionar prejuízos legais. Considerando isso, o jogo foi interrompido automaticamente.</p>
Avaliar responsividade Chamar ajuda Iniciar compressões Delegar funções Ventilar e realizar compressões Aferir pulso e ritmo Realizar desfibrilação Solicitar “afastar!” Encerrar	O paciente evoluiu para óbito.	Independentemente e do desfecho do paciente, sugiro que revise o suporte de vida, atente-se ao caso e tente novamente.	REPROVADO	Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos de suporte de vida.	<p>* A RCP foi interrompida antes de completar o número mínimo de ciclos recomendado para este cenário (n = 8).</p>
Avaliar responsividade Solicitar “afastar!” Chamar ajuda Ventilar e realizar compressões Aferir pulso e ritmo Iniciar	O paciente evoluiu para óbito.	Independentemente e do desfecho do paciente, sugiro que revise o suporte de vida, atente-se ao caso e tente novamente.	REPROVADO	Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos de suporte de vida.	<p>* A RCP foi interrompida antes de completar o número mínimo de ciclos recomendado para este cenário (n = 8).</p> <p>* Você não prestou os</p>

compressões Administrar drogas Administrar VAA Administrar drogas Delegar compressões Aferir pulso e ritmo Solicitar “afastar!” Realizar desfibrilação Solicitar “afastar!” Solicitar “afastar!” Delegar funções Encerrar					cuidados iniciais adequadamente ao deixar de realizar as compressões imediatamente após constatar a PCR. * Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado. * A ventilação não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento. * Você delegou atribuições que não correspondem às prioridades da categoria profissional da pessoa designada em uma situação de PCR. * Você delegou a tarefa de 'Definir VAA' a um(a) enfermeiro(a). * Você não administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente. * Você tentou aferir o pulso do paciente em um local incorreto. * Houve incerteza quanto ao momento certo para aferir o pulso e o ritmo cardíaco. * A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você
---	--	--	--	--	---

					<p>não administrou a(s) droga(s) no momento adequado.</p> <p>* Você solicitou exames não essenciais para o momento de uma PCR.</p> <p>* Houve incerteza quanto ao momento de solicitar a troca de pessoal para realizar as compressões. A troca regular é essencial para manter a qualidade das manobras e evitar a fadiga da equipe.</p> <p>* Você posicionou as pás do desfibrilador em locais inadequados.</p> <p>* Houve incerteza quanto ao momento certo para solicitar que a equipe se afastasse ou sobre o motivo dessa solicitação.</p>
Avaliar responsividade Encerrar	O paciente evoluiu para óbito.	Você agiu corretamente, respeitando a ordem de não reanimação. Parabéns!	APROVADO	Você demonstrou conhecimento sobre procedimentos de suporte de vida e priorizou a ética profissional.	* Excelente trabalho! Você demonstrou precisão no atendimento.
Avaliar responsividade Chamar ajuda Iniciar compressões Delegar funções Ventilar e realizar compressões Aferir pulso e ritmo	O paciente evoluiu para óbito.	Independentemente do desfecho do paciente, sugiro que revise o suporte de vida, atente-se ao caso e tente novamente.	REPROVADO	Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos e não priorizou a ética profissional.	* Você agiu de maneira antiética ao prosseguir com a RCP, apesar da presença da ONR no prontuário do paciente.

Administrar VAA Administrar drogas Delegar compressões Ventilar e realizar compressões Encerrar					
--	--	--	--	--	--

Fonte: Elaboração própria.

O teste considerou cinco formas distintas de interação no jogo para avaliar o desempenho do modelo. Na primeira forma, o jogo foi mantido ocioso, sem qualquer ação por parte do usuário. Na segunda, o usuário seguiu a sequência correta de procedimentos, porém encerrou o caso de forma precoce. A terceira forma consistiu na execução de procedimentos de maneira completamente arbitrária, sem seguir qualquer lógica ou padrão. Já na quinta forma, os procedimentos foram realizados na ordem correta, mas desconsiderando a presença da ONR indicada no prontuário do caso.

A única forma que seguiu integralmente as diretrizes propostas foi a quarta, que utilizou o mesmo caso da quinta forma, mas respeitando a ONR. Nesta simulação, após constatar que a paciente não estava responsiva, o usuário optou por encerrar o caso de acordo com as diretrizes do modelo. Como resultado, o modelo classificou essa atuação como aprovada, destacando o correto entendimento e aplicação das regras. Os resultados das diferentes formas de atuação podem ser observados no Quadro 6 apresentado.

É importante destacar que algumas mensagens apresentadas pelo modelo referem-se a ações secundárias relacionadas aos procedimentos que o usuário realiza por meio da interação com a roda de procedimentos. Por exemplo, ao selecionar a opção “Iniciar compressões”, o usuário deve indicar o local correto para realizar a massagem cardíaca no paciente. Caso a escolha seja inadequada, o sistema gerará a mensagem: “Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado”, que será exibida no relatório de desempenho. O mesmo mecanismo é aplicado a outros procedimentos, como “Delegar funções”, “Realizar desfibrilação”, “Ventilar e realizar compressões”, “Aferir pulso e ritmo”, “Administrar drogas” e “Delegar compressões”, assegurando que o usuário receba informações específicas sobre os erros cometidos em cada etapa.

## 6.2. Considerações

Os resultados obtidos demonstram que é plenamente viável realizar o treinamento em

SAVC por meio de SGs como o SAV-me, os quais devem servir como complementos ao treinamento presencial tradicional, ampliando a acessibilidade ao conhecimento, favorecendo o re-treinamento a partir da utilização de plataformas móveis quando partes do protocolo são esquecidas e oferecendo revisões rápidas entre reciclagens obrigatórias.

Convém destacar que aplicações digitais interativas voltadas ao treinamento complementar em SAVC ainda constituem um campo em expansão. Uma revisão recente identificou três categorias de uso para SGs e simuladores no treinamento em SAVC e SBV, sendo que o uso complementar ao treinamento formal representou apenas 33,4 % dos trabalhos analisados (MATIAS et al., 2024); tal achado reforça a necessidade de ampliar a exploração científica dessa abordagem e, sobretudo, de preparar docentes para integrar essas ferramentas à prática pedagógica no atendimento de urgência e emergência.

Embora o presente estudo tenha focado predominantemente em uma aplicação digital interativa para a Medicina, é importante destacar que o SAVC é, por natureza, uma competência interprofissional, onde os enfermeiros também participam das decisões críticas durante uma ressuscitação; por isso, a formação conjunta torna-se indispensável. Um estudo apontou que a identificação precoce de paradas cardíacas por enfermeiros capacitados em SAVC está fortemente relacionada ao aumento das chances de sobrevivência até a alta hospitalar (DANE et al., 2000). Nesse contexto, há iniciativas como o SimCEC, que integram simulação colaborativa à educação em saúde e mostram o potencial das aplicações digitais interativas para treinar equipes de forma coordenada (PAIVA et al., 2018).

O SAV-me, desenvolvido com rigor metodológico e fundamentado no algoritmo da AHA, no qual também foram consideradas atualizações, emprega um SBC capaz de realizar a avaliação *online* do conhecimento teórico do usuário para orientar a autogestão da aprendizagem (AHA, 2020; AHA, 2023; AHA, 2024). Essa escolha privilegia a explicabilidade das decisões. Todavia, caso a AHA publique novas diretrizes que alterem substancialmente o algoritmo do protocolo de SAVC utilizado, as regras do modelo inteligente precisarão ser integralmente revistas. Ainda assim, o custo de manutenção permanece relativamente baixo, pois a atualização demanda apenas a participação de especialistas de conteúdo e de um programador, sem necessidade de coletar e rotular volumosos conjuntos de dados, o que mantém a agilidade no acompanhamento das mudanças científicas. Apesar disso, reconhece-se que a avaliação clínica envolve componentes subjetivos que extrapolam regras determinísticas. A ausência de níveis de dificuldade graduais no SAV-me abre espaço para a discussão de iniciativas que permitam trajetórias de aprendizado personalizadas e avaliação mais nuançada das condutas em contextos de incerteza.

O universo dos SGs pode comportar ainda abordagens alternativas, como aprendizado de máquina supervisionado (BATISTA et al., 2019) e modelos probabilísticos, que aprendem diretamente de bases clínicas ou dos próprios registros de jogabilidade. Tais métodos agregam adaptatividade, mas exigem infraestrutura computacional robusta, custos superiores de coleta e curadoria de dados e, por vezes, reduzem a transparência das avaliações. Plataformas híbridas, que combinem a interpretabilidade dos SBCs com a flexibilidade de modelos estatísticos, podem enriquecer o processo formativo, mas somente se os ganhos pedagógicos justificarem o incremento de complexidade e custo. Assim, o SAV-me posiciona-se, no estado atual, como solução de baixo custo, rápida atualização e alta portabilidade.

As limitações inerentes à plataforma móvel — que impossibilitam avaliar parâmetros físicos por meio da tela sensível ao toque como profundidade e frequência das compressões torácicas — reafirmam o caráter complementar do SAV-me, voltado ao domínio cognitivo do protocolo. Para futuras evoluções, recomenda-se diversificar os perfis clínicos apresentados ou incorporar o treino simultâneo de equipes. Também se sugere investigar modelos inteligentes mais robustos, capazes de processar sinais em tempo real e analisar condutas de múltiplos usuários, desde que os benefícios compensem os custos adicionais. Em síntese, este trabalho evidencia a relevância dos SGs para o treinamento em SAVC, apresenta um produto funcional e inovador, ressalta a importância de soluções interprofissionais e aponta caminhos para a evolução de plataformas como o SAV-me, que concilia acessibilidade, baixo custo e aderência às diretrizes vigentes, oferecendo contribuição significativa ao ensino em saúde.

## 7. CONCLUSÕES

A avaliação do conhecimento teórico e prático em SAVC tradicionalmente ocorre por meio de treinamentos presenciais, utilizando simulações realísticas e avaliações conduzidas por instrutores experientes. Essa abordagem, embora consolidada, apresenta desafios como a necessidade de estrutura física específica, o custo elevado e a dificuldade de reavaliações frequentes. Diante desse cenário, esta pesquisa propôs o desenvolvimento de um SG (o SAV-me) com avaliação *online* do conhecimento teórico do usuário como uma ferramenta complementar móvel para o treinamento em SAVC, permitindo que os usuários possam reforçar seus conhecimentos de forma acessível e estruturada.

Conclui-se, portanto, que o SAV-me atingiu integralmente os objetivos propostos nesta dissertação. Em primeiro lugar, os critérios de avaliação do conhecimento teórico em SAVC, definidos em parceria com especialistas, foram devidamente operacionalizados nas regras do modelo inteligente, assegurando padronização e objetividade na avaliação do desempenho. Em segundo lugar, a revisão da literatura identificou lacunas na oferta de SGs para SAVC e mostrou uma ampla utilização do SBC como abordagem de inteligência para fins educacionais. No entanto, optou-se por um SBC estruturado em lógica clássica, pois esta forma de representação — fundamentada em regras do tipo SE...ENTÃO e em operadores binários — se ajusta ao caráter determinístico do SAV-me: os cenários trazem perfis clínicos fechados e desfechos previamente definidos, exatamente como os algoritmos de decisão da AHA. Essa arquitetura permite que a base de conhecimento seja construída de maneira transparente, combinando diretamente as diretrizes oficiais da associação com os pareceres de especialistas em SAVC, o que garante fidedignidade clínica e facilita futuras atualizações. Terceiro, o modelo inteligente foi projetado, desenvolvido e integrado ao SG de forma funcional, permitindo avaliação *online*, conforme demonstrado nos resultados. Por fim, o processo de validação, que comparou o julgamento automatizado com as recomendações de especialistas, evidenciou alta consistência, precisão e utilidade pedagógica, atendendo ao quarto objetivo específico.

Do ponto de vista prático, o SAV-me mostrou-se viável como ferramenta complementar ao treinamento presencial: amplia o acesso a revisões rápidas, favorece o re-treinamento em momentos oportunos e mantém custos reduzidos graças à distribuição em dispositivos móveis e à ausência de consumíveis físicos. Tais características respondem diretamente às limitações logísticas e financeiras citadas na literatura e observadas em cursos presenciais de SAVC.

Quanto à sustentabilidade do desenvolvimento, o uso de regras explícitas confere transparência e permite rápida atualização sempre que a AHA publica novas diretrizes. Caso



alterações substanciais ocorram no protocolo, bastará revisar a base de conhecimento — tarefa que envolve essencialmente especialistas em conteúdo e um programador —, dispensando a coleta e rotulação de grandes bases de dados, prática comum a modelos baseados em aprendizado de máquina. Essa capacidade de adaptação contínua garante que o SAV-me permaneça alinhado às melhores evidências sem comprometer o baixo custo de manutenção.

Reconhece-se, contudo, que a plataforma móvel não permite aferir competências motoras, como profundidade e frequência das compressões torácicas, o que reafirma o caráter complementar do SAV-me e aponta oportunidades claras de evolução. Para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar a diversidade de perfis clínicos apresentados, viabilizar o treinamento simultâneo de equipes e explorar modelos inteligentes mais robustos capazes de analisar, em tempo real, as condutas de múltiplos usuários — desde que os ganhos educacionais compensem o investimento adicional.

Em síntese, esta dissertação demonstra que SG baseados em regras formais podem oferecer treinamento sustentável, acessível e de alta qualidade em SAVC, contribuindo para o aperfeiçoamento contínuo de profissionais de saúde, estimulando formações interprofissionais e abrindo caminho para soluções ainda mais sofisticadas que integrem avaliação cognitiva, competência motora e atualização científica permanente.

### **7.1. Trabalhos correlatos na instituição**

O presente trabalho resultou nas seguintes produções:

- Artigo apresentado no Congresso Brasileiro de Informática em Saúde e publicado na revista *Journal of Health Informatics* (JHI), intitulado "Tecnologias para treinamento em suporte de vida: desafios e potencialidades" (MATIAS et al., 2024).
- Registro de software do SAV-me no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o número de registro BR512025000784-1.
- Artigo completo submetido à revista JHI, intitulado "Jogos e simuladores para treinamento digital em suporte à vida".
- Artigo em desenvolvimento, abordando os resultados da pesquisa com estudantes de medicina (avaliação de satisfação), o modelo de decisão utilizado e demais aspectos do desenvolvimento do SAV-me.

## REFERÊNCIAS

- A. NAVIA-VÁZQUEZ; E. PARRADO-HERNÁNDEZ. Support vector machine interpretation. **Neurocomputing**, v. 69, n. 13-15, p. 1754–1759, 22 fev. 2006.
- AEHLERT, B. J. **ACLS Study Guide - E-Book**. [s.l.] Elsevier Health Sciences, 2016.
- ALI, D. M. et al. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) training strategies in the times of COVID-19: a systematic literature review comparing different training methodologies. **Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine**, v. 29, n. 1, 29 mar. 2021.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION [AHA]. **Destaques da 2023 American Heart Association Focused Update on Adult Advanced Cardiovascular Life Support: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care**. 2023. Disponível em: < [https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/2023-ACLS-Focused-Updates/PTBR\\_Hghlghts\\_2023GLFU\\_ALS\\_231201\\_HR.pdf?sc\\_lang=en](https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/2023-ACLS-Focused-Updates/PTBR_Hghlghts_2023GLFU_ALS_231201_HR.pdf?sc_lang=en) >.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION [AHA]. **Destaques da Atualização focada de 2024 da American Heart Association e da American Academy of Pediatrics sobre Situações especiais: Ressuscitação após afogamento: Uma atualização das American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care**. 2024. Disponível em: < [https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/Highlights/2024\\_Drowning/PTBR\\_Hghlghts\\_2024GLFU\\_Drowning.pdf?sc\\_lang=en](https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/Highlights/2024_Drowning/PTBR_Hghlghts_2024GLFU_Drowning.pdf?sc_lang=en) >.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION [AHA]. **Destaques das diretrizes de RCP e ACE de 2020 da American Heart Association**. 2020. Disponível em: < [https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/Highlights/Hghlghts\\_2020ECCGuidelines\\_Portuguese.pdf?sc\\_lang=en](https://cpr.heart.org/-/media/CPR-Files/CPR-Guidelines-Files/Highlights/Hghlghts_2020ECCGuidelines_Portuguese.pdf?sc_lang=en) >.
- ANDRADE, J. R. B. et al. Virtual simulations for health education: how are user skills assessed? **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 46, n. 4, 1 jan. 2022.
- ARNOLD, J. J. et al. Evaluation Tools in Simulation Learning: Performance and Self-Efficacy in Emergency Response. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 5, n. 1, p. e35–e43, jan. 2009.
- BATISTA, T. V. V. et al. FarMyo: A Serious Game for Hand and Wrist Rehabilitation Using a Low-Cost Electromyography Device. **International Journal of Serious Games**, v. 6, n. 2, p. 3–19, 24 jun. 2019.
- ABOUL-ENEIN, F. H. Game-Based Teaching and Simulation in Nursing and Healthcare by Eric Bauman PhD, RN. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 8, n. 9, p. e483, nov. 2012.
- BHAVAR, T. D. et al. Evaluation of knowledge and skills of MBBS interns in basic life support/advanced cardiovascular life support and their ability to retain. **The Indian Anaesthetists Forum**, v. 22, n. 1, p. 86–90, jan. 2021.

BOADA, I. et al. 30 : 2: A Game Designed to Promote the Cardiopulmonary Resuscitation Protocol. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2016, p. 1–14, 2016.

BOADA, I. et al. Using a serious game to complement CPR instruction in a nurse faculty. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 122, n. 2, p. 282–291, nov. 2015.

BORGES, M. C. et al. Avaliação formativa e feedback como ferramenta de aprendizado na formação de profissionais da saúde. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 47, n. 3, p. 324–331, 3 nov. 2014.

BOTTINO, A.; LAURENTINI, A. Experimenting with nonintrusive motion capture in a virtual environment. **The Visual Computer**, v. 17, n. 1, p. 14–29, 1 fev. 2001.

BRAGA, M. A.; LOPES, L. W.; MACHADO, L. S. Contribuições dos Serious Games para a Neuroplasticidade, Aprendizado Motor e Reabilitação Neurológica: Revisão Integrativa. **Saúde (Santa Maria)**, v. 49, n. 2, p. e67496–e67496, 2 out. 2023.

BUTTUSI, F. et al. Evaluation of a 3D serious game for advanced life support retraining. **International Journal of Medical Informatics**, v. 82, n. 9, p. 798–809, set. 2013.

CARVAJAL, J. P. H. et al. Evaluating the retention of skills in postgraduate physician students following a theoretical-practical course in Advanced Cardiovascular Life Support. **F1000Research**, v. 8, p. 458, 12 abr. 2019.

CHENG, A. et al. Resuscitation Education Science: Educational Strategies to Improve Outcomes From Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the American Heart Association. **Circulation**, v. 138, n. 6, 7 ago. 2018.

CHICKERING, D. M. Learning Bayesian Networks is NP-Complete. **Lecture Notes in Statistics**, p. 121–130, 1996.

COOPER, G. F. The computational complexity of probabilistic inference using bayesian belief networks. **Artificial Intelligence**, v. 42, n. 2-3, p. 393–405, mar. 1990.

COPPIN, B. **Inteligência artificial**. [s.l.] Grupo Gen-LTC, 2004.

COSMAN, P. H. et al. Virtual reality simulators: Current status in acquisition and assessment of surgical skills. **ANZ Journal of Surgery**, v. 72, n. 1, p. 30–34, jan. 2002.

COSTA, T. R. M. Suporte básico de vida: jogos simulados como método de aprendizagem. **BVirtual**, 2024.

CROWLEY, C. P.; SALCICCIOLI, J. D.; KIM, E. Y. The association between ACLS guideline deviations and outcomes from in-hospital cardiac arrest. **Resuscitation**, v. 153, p. 65–70, ago. 2020.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Why we need things. **History from things: Essays on material culture**, p. 20-29, 1993.

DANE, F. C. et al. In-hospital resuscitation: association between ACLS training and survival to discharge. **Resuscitation**, v. 47, n. 1, p. 83–87, set. 2000.

DÖRNER, R. et al. **Serious Games**. [s.l.] Cham Springer International Publishing, 2016.

TURBAN, E. et al. **Decision support systems and intelligent systems**. New Delhi: Prentice-Hall Of India, 2006.

EPSTEIN, R. M. Assessment in Medical Education. **New England Journal of Medicine**, v. 356, n. 4, p. 387–396, 25 jan. 2007.

KIM, J. et al. A Comparison of Global Rating Scale and Checklist Scores in the Validation of an Evaluation Tool to Assess Performance in the Resuscitation of Critically Ill Patients During Simulated Emergencies (Abbreviated as “CRM Simulator Study IB”). **Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare**, v. 4, n. 1, p. 6–16, 2009.

KLIR, G. J.; YUAN, B. **Fuzzy sets and fuzzy logic : theory and applications**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1995.

LAMB, R. Serious Games. **Oxford Research Encyclopedia of Communication**, 22 out. 2024.

LATIF, M. H. et al. LA-VIE: A serious game for cardiopulmonary resuscitation. **2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**, abr. 2017.

LIMA, S. G. et al. Educação Permanente em SBV e SAVC: impacto no conhecimento dos profissionais de enfermagem. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 93, n. 6, p. 630–636, dez. 2009.

LUKOSCH, H.; CUNNINGHAM, S. Data Analytics of Mobile Serious Games: Applying Bayesian Data Analysis Methods. **International Journal of Serious Games**, v. 5, n. 1, 26 mar. 2018.

MACHADO, L. S. et al. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, p. 254–262, 1 jun. 2011.

MACHADO, L. S.; COSTA, T. K. L.; MORAES, R. M. Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. **Revista Observatório**, v. 4, n. 4, p. 149–172, 29 jun. 2018.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M. Assessment Systems for Training Based on Virtual Reality: A Comparison Study. **Journal on Interactive Systems**, v. 3, n. 1, p. 1, 15 jun. 2012.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M. **O Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística da UFPB**. In: PAES, N. A.; MACHADO, L. S.; MORAES, R.; VALENÇA, A. M. (org.). 10 Anos de Produção do Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde. João Pessoa: UFPB, 2019. Cap. 10, p. 181-191. ISBN 978-85-9559-221-6

MALEC, J. F. et al. The Mayo High Performance Teamwork Scale: reliability and validity for evaluating key crew resource management skills. **Simulation in Healthcare**, v. 2, n. 1, p. 4–10, 2007.

MAMDANI, E. H.; ASSILIAN, S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 7, n. 1, p. 1–13, jan. 1975.

- MATIAS, L. D. M. et al. Tecnologias para treinamento em suporte de vida: desafios e potencialidades. **Journal of Health Informatics**, v. 16, n. Especial, 19 nov. 2024.
- MCEVOY, M. D. et al. The effect of adherence to ACLS protocols on survival of event in the setting of in-hospital cardiac arrest. **Resuscitation**, v. 85, n. 1, p. 82–87, jan. 2014.
- MENDES, I. N. et al. Proposta de um jogo sério para auxiliar o aprendizado do protocolo de Suporte Básico de Vida. 24 out. 2022.
- MORAES, R. M.; FERREIRA, J. A.; MACHADO, L. S. A New Bayesian Network Based on Gaussian Naive Bayes with Fuzzy Parameters for Training Assessment in Virtual Simulators. **International journal of fuzzy systems**, v. 23, n. 3, p. 849–861, 4 nov. 2020.
- MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. Online training evaluation in VR simulators using Gaussian Mixture Models. **Studies in health technology and informatics**, v. 94, p. 42–4, 2003.
- MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. Multiple Assessment for Multiple Users in Virtual Reality Training Environments. **Lecture Notes in Computer Science**, p. 950–956, [s.d.]. 2007.
- MORI, S.; WHITAKER, I. Y.; MARIN, H. F. Estratégias tecnológicas de ensino associadas ao treinamento em Suporte Básico de Vida. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 24, n. 5, p. 721–725, 2011.
- NASCIMENTO, K. G. et al. Effectiveness of the serious game for learning in nursing: systematic review. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 42, 2021.
- NEVALAINEN, M. K.; MANTYRANTA, T.; PITKALA, K. H. Facing uncertainty as a medical student—A qualitative study of their reflective learning diaries and writings on specific themes during the first clinical year. **Patient Education and Counseling**, v. 78, n. 2, p. 218–223, fev. 2010.
- PAIVA, P. V. F. et al. SimCEC. **Computers in Entertainment**, v. 16, n. 2, p. 1–26, 10 abr. 2018.
- RIBEIRO, C. et al. SeGTE: A Serious Game to Train and Evaluate Basic Life Support. In **Proceedings of the 9th International Conference on Computer Graphics Theory and Applications**, v. 0VISIGRAPP, 1 jan. 2014.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: A Modern approach**. 4. ed. [s.l.] Prentice Hall, 2020.
- SHELL, Jesse. **The Art of Game Design - A Book of Lenses**. Elsevier In. 2011.
- SCHONLAU, M.; ZOU, R. Y. The random forest algorithm for statistical learning. **The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata**, v. 20, n. 1, p. 3–29, mar. 2020.
- SIQUEIRA, T. V. et al. The use of serious games as an innovative educational strategy for learning cardiopulmonary resuscitation: an integrative review. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 41, 2020.
- SÖBKE, H.; ARNOLD, U.; MONTAG, M. Intrinsic Motivation in Serious Gaming A Case

Study. **Lecture Notes in Computer Science**, p. 362–371, 2020.

WALKER, S. et al. Observational Skill-based Clinical Assessment tool for Resuscitation (OSCAR): development and validation. *Resuscitation*, v. 82, n. 7, p. 835–844, 2011.

ZADEH, L. A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. SMC-3, n. 1, p. 28–44, 1973.

## APÊNDICE A – ESTUDO DE REVISÃO DE ESCOPO REALIZADO

### Artigo de Revisão

**Jogos e simuladores para treinamento digital em suporte à vida**

**Games and simulators for digital training in life support**

**Juegos y simuladores para entrenamiento digital en soporte vital**

Elvis Silva de Souza<sup>1</sup>, Lucas David Maia Matias<sup>1</sup>, Glaudir Donato<sup>2</sup>,  
Leonardo Torreão Bezerra Cavalcanti<sup>2</sup>, Dr. Marcelo Dantas Tavares de Melo<sup>2</sup>,  
Dr. Ricardo de Sousa Soares<sup>2</sup>, Dra. Liliane dos Santos Machado<sup>1\*</sup>

\*autor para correspondência

<sup>1</sup> Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, Brasil.

<sup>2</sup> Centro de Ciências Médicas, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, Brasil.

### Resumo

**Objetivos:** Identificar *serious games* e simuladores para avaliação de aprendizagem em treinamentos digitais de suporte à vida (ACLS e BLS), explorando a confiabilidade, usabilidade, satisfação, feedback de desempenho e interesse de estudantes de medicina. **Métodos:** Revisão de escopo e pesquisa com estudantes de medicina, conforme diretrizes da Joanna Briggs Institute e PRISMA–ScR. **Resultados:** Analisaram-se dez estudos, destacando a confiabilidade e usabilidade das ferramentas, embora com lacunas em validação e avaliação de satisfação. **Conclusão:** A disponibilidade e disseminação dessas ferramentas são limitadas, com poucos recursos tecnológicos explorados e validações e materiais de apoio insuficientes, evidenciando a necessidade de mais pesquisas aprofundadas.

**Descritores:** Jogos de Vídeo; Cuidados para Prolongar a Vida; Educação Médica.

### Abstract

**Objectives:** To identify serious games and simulators for learning assessment in digital life support training (ACLS and BLS), exploring their reliability, usability, satisfaction, performance feedback, and medical students' interest. **Methods:** A

scoping review and survey with medical students, following guidelines from the Joanna Briggs Institute and PRISMA–ScR. **Results:** Ten studies were analyzed, highlighting the reliability and usability of the tools, though gaps were found in validation and satisfaction assessment. **Conclusion:** The availability and dissemination of these tools are limited, with underexplored technological resources and insufficient validation and support materials, indicating the need for further research.

**Descriptors:** Video Games; Life Support Care; Education Medical.

## Resumen

**Objetivos:** Identificar juegos serios y simuladores para la evaluación del aprendizaje en entrenamientos digitales de soporte vital (ACLS y BLS), explorando su fiabilidad, usabilidad, satisfacción, retroalimentación del rendimiento e interés de los estudiantes de medicina. **Métodos:** Revisión de alcance y encuesta a estudiantes de medicina, siguiendo las directrices del Joanna Briggs Institute y PRISMA–ScR. **Resultados:** Se analizaron diez estudios, destacando la fiabilidad y usabilidad de las herramientas, aunque se encontraron brechas en la validación y evaluación de la satisfacción. **Conclusión:** La disponibilidad y difusión de estas herramientas son limitadas, con recursos tecnológicos poco explorados y una validación y materiales de apoyo insuficientes, lo que resalta la necesidad de más investigaciones.

**Descriptores:** Juegos de Video; Cuidados para Prolongación de la Vida; Educación Médica.

## 1. Introdução

O desenvolvimento de aplicações para apoiar a educação e o treinamento tem ganhado destaque em diversas áreas devido às potencialidades dos recursos digitais interativos na aprendizagem de estudantes e profissionais. *Serious Games* (SGs) e simuladores, permitem a replicação de situações rotineiras e críticas em ambientes seguros e controlados, possibilitando variações no grau de risco, bem como disponibilidade de diferentes tipos de materiais no contexto virtual.<sup>(1,2)</sup>

Simuladores são aplicações desenvolvidas para replicar atividades do mundo real em um ambiente virtual, proporcionando a experimentação e atuação do usuário na realização de tarefas.<sup>(4)</sup> Os SGs, de forma incremental, podem ser caracterizados



como jogos digitais projetados para atingir objetivos específicos enquanto proporcionam uma interação lúdica entre o usuário e a máquina em um ambiente virtual.<sup>(2)</sup> Para que isso ocorra, estas aplicações devem conter conteúdos contextualizados e tarefas capazes de promover a satisfação e envolvimento do usuário, proporcionando-lhe o desejo de reutilizá-las por iniciativa própria.<sup>(3)</sup>

Na área da saúde, especialmente no ensino e treinamento em protocolos de suporte à vida como o *Advanced Cardiovascular Life Support* (ACLS) e o *Basic Life Support* (BLS), métodos alternativos ou complementares ao ensino tradicional — incluindo abordagens híbridas, *online* ou outras não tradicionais presenciais, como as baseadas em SGs e simuladores — têm sido uma estratégia eficaz como a modalidade tradicional de treinamento utilizando protocolos mundialmente conhecidos da *European Resuscitation Council* (ERC) ou da *American Heart Association* (AHA).<sup>(5)</sup>

O treinamento e o aprendizado em BLS e ACLS exigem a revisão constante de conteúdos, prática espaçada e contínua, além de *feedback* sobre o desempenho do aluno. Assim, SGs e simuladores podem ser importantes aliados na identificação das habilidades profissionais, pois permitem avaliar o desempenho do usuário e fornecer *feedback* sobre o conhecimento demonstrado através de suas interações no ambiente digital.<sup>(4)</sup> Destaca-se que o treinamento em condutas para o suporte avançado e para a formação tecnológica são estratégias do Ministério da Saúde para a qualificação da atenção no Sistema Único de Saúde (SUS).

Dada a importância dos SGs e simuladores no contexto do treinamento em ACLS e BLS, uma busca preliminar revelou ausência de estudos de revisões da literatura no tocante a formas de treinamento digital e interativo com *feedback*. Tampouco foram identificados protocolos de revisão nos registros do *Prospective Register of Systematic Reviews* (PROSPERO). Adicionalmente, ao consultar o Open Science Framework (OSF), não se observou qualquer outra revisão sistemática ou de escopo relacionada a esse tema de pesquisa.

Com isso, o presente estudo teve como objetivo identificar SGs e simuladores com suporte a avaliação do aprendizado para o treinamento digital interativo em ACLS e BLS, explorando a confiabilidade dessas ferramentas quanto ao conteúdo, usabilidade e satisfação, identificando as formas de *feedback* de desempenho utilizadas nessas ferramentas e identificando a viabilidade e interesse de utilização

de aplicações desta natureza para complementar o aprendizado de suporte à vida a partir da ótica de estudantes de Medicina.

## 2. Métodos

Este artigo trata de uma revisão de escopo e de uma pesquisa para identificar a viabilidade e utilização de aplicações que complementem o aprendizado de suporte à vida para estudantes de Medicina. Essa revisão atendeu às recomendações da *Joanna Briggs Institute* (JBI) do ano de 2020. O protocolo de pesquisa foi registrado na plataforma Open Science Framework (OFS) (<https://osf.io/vgda3/>). Buscou-se seguir o *PRISMA Extension for Scoping Reviews* (PRISMA–ScR) com o intuito de obter maior robustez e rigor para a sistematização dos resultados.

Foi utilizado o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES) e o PubMed. Não houve delimitação de idiomas e foram eleitos artigos que pertencem ao lapso temporal 2000-2023. Dessa forma, foram incluídos estudos que tratavam sobre formas de treinamento digital em ACLS e/ou BLS, em que o usuário podia interagir exclusivamente a partir de uma tela gráfica e receberia *feedback*. Buscou-se excluir estudos que traziam ferramentas nas quais não se encaixam no escopo de *serious games* ou simuladores digitais, jogos do tipo pergunta e resposta (quiz), estudos de revisão, editoriais, cartas ao editor e estudos não-originais. A seleção foi realizada por dois pesquisadores independentes às cegas e, em caso de decisões conflitantes, a opinião de um terceiro pesquisador foi considerada. A busca foi operacionalizada entre os dias 18 de julho e 22 de setembro do ano de 2023 e atualizada em setembro de 2024. Para cada uma das bases, foi utilizada uma estratégia de busca baseada em descritores/palavras-chave (Figura 1). O termo “realidade virtual” (RV) foi incorporado na estratégia de busca para abarcar estudos que trazem aplicações que utilizam esta tecnologia. Neste caso, observou-se que estudos que tratavam de tecnologias relacionadas à RV, como Realidade Aumentada (RA) e Realidade Estendida (RE), utilizavam este termo nos seus descritores. A pesquisa para identificar a viabilidade e utilização de aplicações que complementem o aprendizado de suporte à vida, a partir da ótica de estudantes de Medicina da Paraíba, foi realizada entre novembro de 2023 e fevereiro de 2024 por meio da coleta de dados que ocorreu através de um questionário digital estruturado, elaborado por membros da Liga Acadêmica de Cardiologia e Cirurgia Cardíaca (LACC) e do Laboratório de

Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A amostragem se deu por conveniência com 100 participantes. Não foram considerados indivíduos com baixa acuidade visual, bem como aqueles que recusaram assinar o TCLE digital ou não responderam itens obrigatórios do instrumento de coleta de dados. Para a análise dos dados foi considerada a estatística descritiva. Esta pesquisa foi submetida e aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba sob o parecer de número: 70812923.7.0000.8069.

**Figura 1:** Chaves de busca utilizadas nas bases de dados pesquisadas.

Fonte de dados	Estratégia de busca
Pubmed	("Advanced Cardiac Life Support"[Mesh] OR "Advanced Trauma Life Support Care"[Mesh] OR "Cardiopulmonary Resuscitation"[Mesh] OR "Life Support Care"[Mesh]) AND ("Computer Simulation"[Mesh] OR "Simulation Training"[Mesh] OR "Virtual Reality ACLS Simulator" OR "Virtual Reality ACLS Simulator" OR "CPR Virtual Simulator" OR "Cardiology Virtual Simulator" OR "ACLS Serious Game" OR "CPR Serious Game" OR "Simulador em Realidade virtual para SAV" OR "Simulador em realidade virtual para RCP" OR "Jogo sério ACLS" OR "Jogo sério para RCP" OR "Cardiac Arrest Virtual simulator" OR "Cardiology simulator" OR "Education, Medical"[Mesh] OR "Internship and Residency"[Mesh])
Periódicos Capes	("Advanced Cardiac Life Support" OR "Advanced Trauma Life Support Care" OR "Cardiopulmonary Resuscitation" OR "Life Support Care") AND ("Computer Simulation" OR "Simulation Training" OR "Virtual Reality ACLS Simulator" OR "Virtual Reality ACLS Simulator" OR "CPR Virtual Simulator" OR "Cardiology Virtual Simulator" OR "ACLS Serious Game" OR "CPR Serious Game" OR "Simulador em Realidade virtual para SAV" OR "Simulador em realidade virtual para RCP" OR "Jogo sério ACLS" OR "Jogo sério para RCP" OR "Cardiac Arrest Virtual simulator" OR "Cardiology simulator" OR "Education, Medical" OR "Internship and Residency")

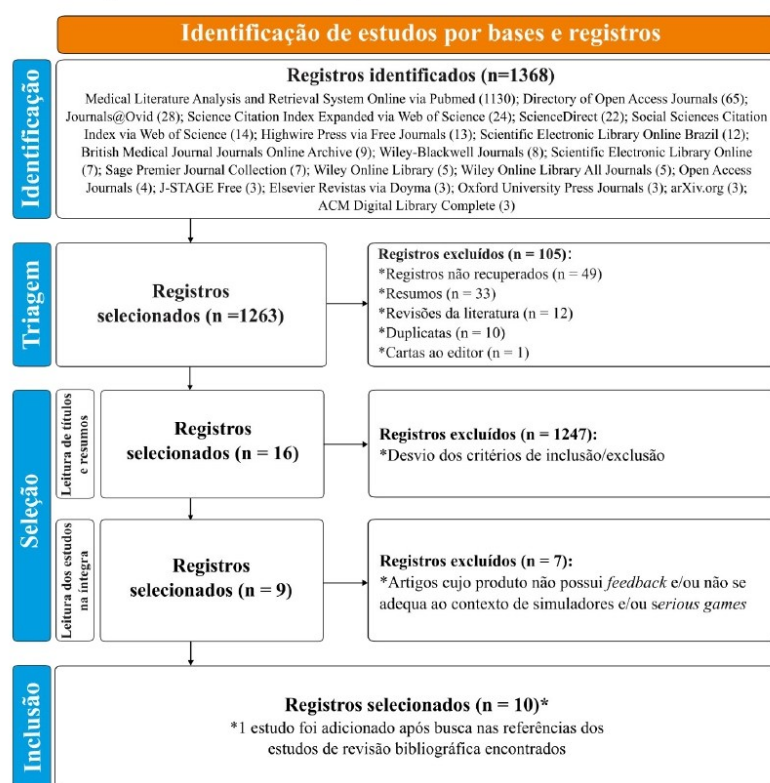
Fonte: dados do autor, 2024.

### 3. Resultados e Discussão

A busca nas bases consultadas encontrou um total de 1368 artigos que, após a triagem, leitura dos títulos e resumos, resultou em um total de 16 artigos (Figura 2). Ao final, 10 estudos foram selecionados para compor a amostra deste trabalho. Os artigos selecionados discutem sobre SG ou simuladores na área de BLS e ACLS. As ferramentas encontradas possuem tomada de decisão com *feedback* para o usuário e, embora não descrito em seus textos, acredita-se que todos façam uso de técnicas de inteligência artificial do tipo Sistema Baseado em Regras (SBR) para essa tomada de decisão ou avaliação do desempenho do usuário. Um SBR define

regras que seguem a estrutura condicional do tipo “se...então...senão” para o provimento de *feedback* para o usuário.<sup>(6)</sup>

**Figura 2:** Fluxograma da busca e seleção dos estudos.



Alguns estudos trouxeram aplicações na modalidade híbrida, ou seja, que fazem uso de dispositivos não convencionais para a interação ou visualização. Estes dispositivos podem fornecer sensações táteis, como é o caso dos dispositivos hápticos que vibram ou oferecem resistência aos movimentos do usuário, ou sensações táteis reais, quando manequins de alta-fidelidade são utilizados. Essas aplicações implementam tecnologias de RE, que abarcam tanto a RV quanto a RA. Vale elucidar que a RV se refere a ambientes tridimensionais gráficos interativos gerados por computador e que utilizam dispositivos não convencionais, enquanto a RA refere-se a simulações que sobrepõem ao mundo real gráficos tridimensionais. Vale destacar que as plataformas de execução das aplicações se concentraram em

três tipos específicos: computadores (PC ou *notebook*), dispositivos móveis (*mobile*) e óculos tudo em um. Esta última plataforma se refere a óculos de visualização que possuem capacidade de processamento (Meta Quest ou óculos Rift, por exemplo).

Para extração dos dados, buscou-se elaborar duas figuras com base nos objetivos, onde na primeira foram sintetizadas informações a respeito da modalidade, plataforma, tipo de *software*, ambientação, tipo de avaliação, técnica da avaliação, forma de resposta e escopo para o qual o SG, simulador e/ou aplicativo foi destinado (Figura 3). O escopo da revisão nas bases da revisão nas bases foi complementado com uma busca por produtos, a partir do mecanismo de busca do *Google*, a fim identificar ferramentas digitais para o treino em ACLS e BLS que pudessem ser classificadas como SG ou simulador. Neste processo foi identificado o “Simsave” (<https://www.simsave.com.br/>), adicionado à Figura 3 como E11.

Para melhor visualização dos tipos de avaliação dos estudos encontrados, foram utilizadas classificações, estabelecidas a partir de uma pesquisa de revisão integrativa da literatura com abordagem enfática na avaliação técnica do indivíduo.<sup>(4)</sup> Dessa forma, tal avaliação pode ser classificada em 3 tipos, a saber: mecanismos de alerta/segmentação em tempo real; registro de atividade do usuário; indicadores de progresso. Nos mecanismos de alerta/segmentação em tempo real, o usuário recebe algum retorno (de forma automática) sobre sua *performance* no simulador, a partir de recursos multimídia, como sons, imagens e, em alguns casos, alertas direcionados ao tutor. Já no registro de atividades do usuário, o simulador produz um relatório com o registro das atividades do indivíduo após a finalização de uso da ferramenta, onde é possível observar pontuações, pontos fortes e fracos do usuário. Por fim, os indicadores de progresso, que também atuam como ferramentas motivacionais, objetivam avaliar se o usuário alcançou o nível esperado de desempenho: isto se dá a partir de pontuações para acertos ou retenção de progresso para atividades subsequentes.

Também a partir da leitura dos artigos selecionados, foram identificados os pontos similares entre eles, relacionando-os com perguntas que fomentam a pesquisa e como os estudos levantados se apresentam diante de tais perguntas (Figura 4). Assim, as características dos artigos foram sintetizadas a partir de 6 questões norteadoras: Q1 - Foi feita uma validação de conteúdo, por especialistas em BLS e ACLS, da aplicação finalizada? Q2 - O estudo apresenta grupos de teste e controle? Q3 - Existe randomização dos participantes para composição dos grupos? Q4 - Foi

feita validação da usabilidade? Q5 - Houve uma avaliação de satisfação estruturada? Q6 - A aplicação está disponível para o público?

**Figura 3:** Estudos selecionados.

ID	Modalidade	Plataforma	Tipo de software	Ambientação	Tipo de Avaliação	Técnica de Avaliação	Tipo de Resposta	Público	Conteúdo	Escopo
E1 <sup>(5)</sup>	Digital	Mobile	SG	2D	- Indicadores de progresso	SBR	- Frases motivacionais	Geral	ERC	BLS
E2 <sup>(6)</sup>	Híbrido	PC	Simulador	Realidade Aumentada	- Registro de atividades do usuário	SBR	- Relatório com o registro de atividades	Med/Enf	AHA	BLS
E3 <sup>(6)</sup>	Híbrido	PC	Simulador	Realidade Virtual	- Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real	SBR	- Indicação dos erros e acertos em tempo real	Med/Enf	AHA	ACLS
E4 <sup>(13)</sup>	Digital	Mobile e PC	SG	2D	- Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real - Registro de atividades do usuário - Indicadores de progresso	SBR	- Efeitos sonoro e visual em tempo real - Relatório final	Geral	ERC	BLS
E5 <sup>(10)</sup>	Híbrido	Oculos tudo em um	Simulador	Realidade Estendida	- Indicadores de progresso, - Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real e - Registro de atividade do usuário	SBR	- Efeitos sonoro e visual em tempo real - Relatório e avaliação de desempenho	Med	AHA	BLS
E6 <sup>(23)</sup>	Digital	Oculos tudo em um e PC	SG	Realidade Virtual	- Registro de atividades do usuário	SBR	- Relatório com erros e acertos	Enf	ERC	ACLS
E7 <sup>(13)</sup>	Digital	PC	SG	3D	- Indicadores de progresso	SBR	- Efeitos sonoro e visual em tempo real	Geral	ERC	BLS
E8 <sup>(10)</sup>	Digital	PC e Mobile	SG	3D	- Registro de atividades do usuário - Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real e - Indicadores de progresso	SBR	- Pontuações - Relatórios de desempenho - Mensagens motivacionais	Geral	ERC	BLS
E9 <sup>(23)</sup>	Digital	Oculos tudo em um	Simulador	Realidade Virtual	- Registro de atividades do usuário	SBR	- Relatório	Med	AHA	ACLS
E10 <sup>(26)</sup>	Híbrido	Oculos tudo em um	Simulador	Realidade Aumentada	- Mecanismos de alerta/segmentação em tempo real	SBR	- Parâmetros da qualidade das compressões	Med	ERC	BLS
E11	Digital	PC e Mobile	Simulador	Realidade Virtual	- Indicadores de progresso - Registro de atividades do usuário	SBR	- Relatório com o registro de atividades	Med/Enf	AHA	ACLS

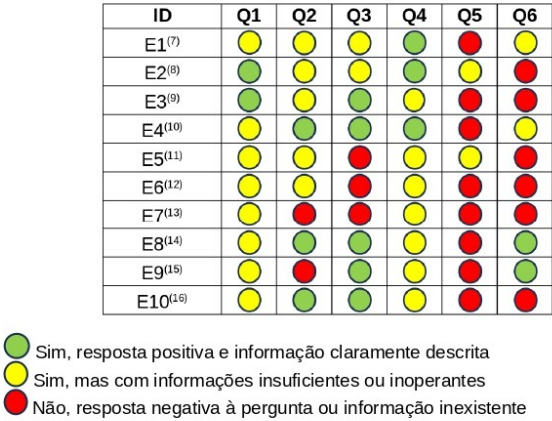
Fonte: dados do autor, 2024.

O processo de desenvolvimento de tecnologias voltadas para o meio acadêmico, principalmente quando envolve treinamento e capacitação de profissionais da saúde, merece cuidado interdisciplinar, uma vez que servirá para que profissionais e estudantes treinem procedimentos que serão replicados em situações reais em seres humanos, e em primazia no que diz respeito ao conteúdo abordado. Dessa forma, tem-se a necessidade de haver validações de conteúdo por especialistas antes do produto ser comercializado ou disponibilizado para o público.

A maioria das aplicações deteve maior foco no treinamento conceitual dos protocolos de ACLS ou BLS. Dos 10 artigos que compuseram a amostra da revisão realizada no presente trabalho, apenas nos estudos E2 e E3 há relato de que as aplicações desenvolvidas passaram por uma validação de conteúdo estruturada. Nos demais artigos há menção de alguma validação de conteúdo, mas essas não se mostraram bem estruturadas nem seguiram uma metodologia de validação, razão

pela qual foram classificados como insuficientes em Q1 na Figura 4. Em se tratando de avaliação da usabilidade (Q4), apenas E1, E2 e E4 documentaram que realizaram. Quanto à realização de avaliação de satisfação (Q5), apenas 2 trabalhos a mencionam, mas sem detalhamento. Neste aspecto, os testes em Q1, Q4 e Q5 são essenciais para que a aplicação tenha sucesso em seu propósito, que é fazer com que os usuários utilizem uma ferramenta com conteúdo confiável, de qualidade funcional e que gere satisfação para que o usuário possa aprender os conteúdos com mais facilidade.

**Figura 4:** Classificação dos estudos selecionados quanto às características.



Fonte: dados do autor, 2024.

Em todos os artigos houve verificação da eficácia das aplicações para o complemento em ACLS ou BLS. Entretanto, apenas nos estudos E4, E8 e E10 isso ocorreu com grupos de teste e controle (Q2).

Dos 11 estudos apresentados na Figura 3, sete (E2, E4-E6, E8-E9) utilizaram o registro de atividades do usuário como método de avaliação ou forma de *feedback*. Um estudo<sup>(4)</sup> considerou essa abordagem eficaz para incentivar o usuário a refletir sobre suas ações, dificultando a realização de tentativas e erros, algo que pode ser comum em aplicações que fazem uso dos mecanismos de alerta e segmentação em tempo real.

Cabe destacar a relevância da disponibilização das ferramentas mencionadas nos estudos, permitindo que outros pesquisadores possam utilizá-las e realizar novas pesquisas voltadas ao desenvolvimento tecnológico, promovendo o avanço na área de aplicação. Observou-se que apenas quatro estudos (E1, E4, E8 e E9) tornaram



suas aplicações acessíveis ao público, seja de forma gratuita ou comercial. No entanto, apenas os estudos E8 e E9 permanecem com links operantes.

Vale a pena destacar que algumas limitações tecnológicas impedem o treinamento prático da massagem cardíaca, componente essencial em uma parada cardiorrespiratória e que é englobada por protocolos de ACLS e BLS. Nessa premissa, apenas os estudos baseados em manequins (E2, E5 e E10) permitem que o usuário seja avaliado quanto à profundidade, recuo e ergonomia. Adicionalmente, E3, E8 e E9 permitem a incorporação de mais de um profissional dentro da simulação, embora não haja avaliação perceptível a respeito da comunicação em equipe.

De forma complementar à revisão bibliográfica, foi realizada uma pesquisa com 100 estudantes de Medicina da Paraíba para entender se há interesse ou necessidade percebida dos estudantes de medicina acerca de sua utilização para tal finalidade. Ao serem questionados sobre o interesse em uma aplicação para praticar ACLS ou BLS, 76% dos participantes demonstraram interesse, sendo que este percentual subiu para 96% para aplicações no formato de jogo, como *serious games*. É importante frisar que 58% dessas pessoas relataram que o uso de recursos em dispositivos móveis durante o curso de graduação tem potencializado o seu rendimento acadêmico. Dada a popularidade dos dispositivos móveis, os achados da pesquisa com os estudantes demonstram que o uso destes dispositivos como ferramenta de auxílio pode potencializar o rendimento acadêmico. Nessa premissa, os estudos E1, E4 e E8 também trouxeram ferramentas compatíveis com tal plataforma. Assim, além de tornar o treinamento mais acessível, o desenvolvimento de aplicações de treinamento em ACLS e BLS para dispositivos móveis pode permitir maior difusão do conhecimento quando comparado com as demais plataformas abordadas no Figura 3. Vale destacar que apenas a ferramenta E8 está disponível na forma gratuita, o que poderia ser um fator restritivo de acesso a novas metodologias potencializadoras do ensino.

#### **4. Conclusão**

A revisão concentrou-se em estudos sobre ACLS e BLS em geral, excluindo nuances como suporte de vida em trauma ou para faixas etárias específicas. Ainda há lacunas significativas no desenvolvimento de SGs e simuladores educacionais robustos, sem validações estruturadas quanto à eficácia e com ausência de



materiais de apoio ao docente. Embora as ferramentas analisadas baseiem-se em protocolos internacionais como os da AHA e ERC, conferindo-lhes confiabilidade, a maioria dos estudos revisados carece de testes robustos de usabilidade e satisfação, o que impacta o potencial de uso em sala de aula.<sup>(17)</sup>

As formas de feedback presentes nessas ferramentas evidenciam a necessidade de aprofundamento, com vistas a tornar o feedback capaz de fomentar uma reflexão crítica do estudante sobre seus erros e, conseqüentemente, melhorar sua prática profissional. Diversas técnicas de IA podem contribuir para tais análises, dependendo das variáveis trabalhadas na aplicação.<sup>(6)</sup>

A pesquisa com estudantes de Medicina indicou interesse em ferramentas de aprendizado móvel, sugerindo que SGs para plataforma mobile são uma opção acessível para desenvolvimento na área. Contudo, tecnologias avançadas, como vibração e IA, ainda são pouco exploradas nos SGs e simuladores de ACLS e BLS, com algumas ferramentas restritas a prospecções tecnológicas. Em síntese, o treinamento digital interativo demonstra potencial para aplicações educacionais, mas há espaço para técnicas de avaliação que contemplem a complexidade e a multidimensionalidade do processo saúde-doença.

## 5. Referências

1. Machado L, Moraes R. Innovative technologies to support education and training: researches by LabTEVE. Rev CI 2020; 4(2):50-3. [DOI](#)
2. Machado LS, Costa TK de L, Moraes RM. Multidisciplinaridade e o desenvolvimento de serious games e simuladores para educação em saúde. Rev Observ 2018; 4(4):149-72. [DOI](#)
3. Almeida JLF, Machado LS. Design requirements for educational serious games with focus on player enjoyment. Entertainment Comput 2021;38:100413. [DOI](#)
4. Andrade JRB, Machado LS, Lopes LW, Moraes RM. Virtual simulations for health education: how are user skills assessed? Rev Bras Educ Med. 2022;46(4). [DOI](#)
5. Ali DM, Hisam B, Shaukat N, et al. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) training strategies in the times of COVID-19: a systematic literature review comparing different training methodologies. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2021;29:53.

6. Coppin B. Inteligência artificial. [s.l.]: Grupo Gen-LTC; 2015.
7. Boada I, et al. 30:2: A game designed to promote the cardiopulmonary resuscitation protocol. *Int J Comput Games Technol*. 2016;2016:1-14. [DOI](#)
8. Ingrassia PL, Mormando G, Giudici E, Strada F, Carfagna F, Lamberti F, Bottino A. Augmented reality learning environment for basic life support and defibrillation training: usability study. *J Med Internet Res*. 2020 May 12;22(5). [DOI](#)
9. Khanal P, et al. Collaborative virtual reality based advanced cardiac life support training simulator using virtual reality principles. *J Biomed Inform*. 2014 out;51:49-59. [DOI](#)
10. Lukosch H, Cunningham S. Data analytics of mobile serious games: applying Bayesian data analysis methods. *Int J Serious Games*. 2018 mar 26;5(1):1-14. [DOI](#)
11. Lee DK, et al. Development of an extended reality simulator for basic life support training. *IEEE J Transl Eng Health Med*. 2022;10:1-7. [DOI](#)
12. Buttussi F, et al. Evaluation of a 3D serious game for advanced life support retraining. *Int J Med Informatics*. 2013 set;82(9):798-809. [DOI](#)
13. Ribeiro C, et al. SeGTE: A serious game to train and evaluate basic life support. In: *Proc. 9th Int. Conf. Computer Graphics Theory and App*. 2014;OVISIGRAPP. [DOI](#)
14. Boada I, et al. Using a serious game to complement CPR instruction in a nurse faculty. *Comput Methods Programs Biomed*. 2015 nov;122(2):282-91. [DOI](#)
15. Katz D, et al. Utilization of a voice-based virtual reality advanced cardiac life support team leader refresher: prospective observational study. *J Med Internet Res*. 2020;22(3). [DOI](#)
16. Moll-Khosrawi P, et al. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students during COVID-19 pandemic: a randomised controlled trial. *BMC Med Educ*. 2022 jun 22;22(1):1-8. [DOI](#)
17. Silva AP, Barbosa BJP, Hino P, Nichiata LYI. Usabilidade dos aplicativos móveis para profissionais de saúde: Revisão integrativa. *J Health Inform* 2021;13(3). [link](#)

## APÊNDICE B – REGRAS FORMAIS DO MODELO INTELIGENTE DO SAV-ME

Este apêndice apresenta as regras formais utilizadas pelo sistema SAV-me, elaboradas exclusivamente a partir do algoritmo de decisão implementado na linguagem de programação C# e das mensagens armazenadas em um arquivo de texto estruturado que reúne todas as frases do jogo. Cada regra é descrita, primeiro, na notação formal simbólica correspondente e, em seguida na linguagem natural — com os operadores lógicos escritos por extenso. Convém destacar que diversas variáveis mencionadas nas regras assumem valores provenientes das ações do usuário. O propósito deste apêndice não é detalhar como tais ações são capturadas, mas sim demonstrar como são processadas para a geração de *feedback*. Referências pontuais ao momento dessa captura são apresentadas em fluxogramas e ao longo do texto da pesquisa, apenas para situar o leitor.

### Regra 1 – Desfecho: Jogo encerrado automaticamente

Notação formal simbólica:  $E \Rightarrow D$

- E representa a proposição “o jogo é encerrado automaticamente”.
- D representa a proposição “a mensagem de desfecho exibida é ‘Fim do jogo.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo é encerrado automaticamente, então a mensagem de desfecho exibida é ‘Fim do jogo.’”

### Regra 2 – Desfecho: Sobrevivência com conduta adequada

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D \wedge E$

- A representa a proposição “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B representa a proposição “a conduta é adequada”.
- C representa a proposição “o paciente sobrevive”.
- D representa a proposição “o paciente está vivo”.
- E representa a proposição “a mensagem de desfecho exibida é ‘O paciente retornou à circulação espontânea.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente, a conduta é adequada e o paciente sobrevive, então o paciente permanece vivo e a mensagem de desfecho exibida é ‘O paciente retornou à circulação espontânea.’”

### Regra 3 – Desfecho: Óbito com conduta inadequada

Notação formal simbólica:  $A \wedge (B \vee \neg C) \Rightarrow \neg D \wedge E$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é inadequada”.
- C “o paciente sobrevive”.
- D “o paciente está vivo”.
- E “a mensagem de desfecho exibida é ‘O paciente evoluiu para óbito.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e (a conduta é inadequada ou o paciente não sobrevive), então o paciente não está vivo e a mensagem de desfecho exibida é ‘O paciente evoluiu para óbito.’”

### Regra 4 – Progresso: Encerramento automático por erro grave

Notação formal simbólica:  $A \Rightarrow B$

- A “o jogo é encerrado automaticamente”.
- B “a mensagem do indicador de progresso exibida é ‘Você cometeu um ou mais erros relevantes para a adequada condução de uma situação de RCP e para sua aprovação. Recomenda-se que reveja suas condutas e tente novamente.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo é encerrado automaticamente, então a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você cometeu um ou mais erros relevantes...’.”

### **Regra 5 – Progresso: Conduta ética no caso com ONR**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é adequada”.
- C “o paciente pertence ao caso 10 (ordem de não reanimação)”.
- D “a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você agiu corretamente, respeitando a ordem de não reanimação. Parabéns!’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente, a conduta é adequada e o paciente é do caso 10, então a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você agiu corretamente, respeitando a ordem de não reanimação. Parabéns!’.”

### **Regra 6 – Progresso: Conduta adequada e sobrevivência do paciente**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é adequada”.
- C “o paciente sobrevive”.
- D “a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você contribuiu para este desfecho. Parabéns pelo excelente trabalho!’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente, a conduta é adequada e o paciente sobrevive, então a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você contribuiu para este desfecho. Parabéns pelo excelente trabalho!’.”

### **Regra 7 – Progresso: Conduta adequada com óbito do paciente**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é adequada”.
- C “o paciente falece”.
- D “a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Não desanime; você realizou o melhor possível com excelência. Situações como essa ocorrem com frequência, especialmente no atendimento de suporte de vida.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente, a conduta é adequada e o paciente falece, então a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Não desanime; você realizou o melhor possível...’.”

### **Regra 8 – Progresso: Conduta inadequada**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é inadequada”.
- C “a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você cometeu um ou mais erros relevantes para a adequada condução de uma situação de RCP e para sua aprovação. Recomenda-se que reveja suas condutas e tente novamente.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e a conduta é inadequada, então a mensagem de indicador de progresso exibida é ‘Você cometeu um ou mais erros relevantes...’.”

### **Regra 9 – Resultado: Conduta adequada**

Notação formal simbólica:  $A \Rightarrow B \wedge C$

- A “a conduta é adequada”.
- B “a mensagem de resultado exibida é ‘APROVADO’”.
- C “a cor do texto é verde”.

Linguagem natural: “Se a conduta é adequada, então a mensagem de resultado exibida é ‘APROVADO’ e o texto aparece na cor verde.”

### **Regra 10 – Resultado: Conduta inadequada**

Notação formal simbólica:  $A \Rightarrow B \wedge C$

- A “a conduta é inadequada”.
- B “a mensagem de resultado exibida é ‘REPROVADO’”.
- C “a cor do texto é vermelha”.

Linguagem natural: “Se a conduta é inadequada, então a mensagem de resultado exibida é ‘REPROVADO’ e o texto aparece na cor vermelha.”

### **Regra 11 – Feedback geral: ética no caso com ONR**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é adequada”.
- C “o paciente pertence ao caso 10 (ordem de não reanimação)”.
- D “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou conhecimento sobre procedimentos de suporte de vida e priorizou a ética profissional.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente, a conduta é adequada e o paciente é do caso 10, então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou conhecimento sobre procedimentos de suporte de vida e priorizou a ética profissional.’”

### **Regra 12 – Feedback geral: conhecimento técnico sem priorizar ética**

Notação formal simbólica:  $A \wedge (B \vee C) \Rightarrow D$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “ONR2: tentativa de reanimação seguindo a sequência correta, desrespeitando a ONR”.
- C “ONR3: idem, com terceira sequência”.
- D “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou conhecimento sobre os procedimentos, mas não priorizou a ética profissional.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e há tentativa de reanimação seguindo a sequência correta apesar da ordem de não reanimação (ONR 2 ou 3), então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou conhecimento sobre os procedimentos, mas não priorizou a ética profissional.’”

### **Regra 13 – Feedback geral: competência técnica**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é adequada”.
- C “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou competência na execução dos procedimentos.’”.

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e a conduta é adequada, então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você demonstrou competência na execução dos procedimentos.’.”

#### **Regra 14 – *Feedback* geral: falta de conhecimento e de ética (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “o paciente pertence ao caso 10”.
- C “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos e não priorizou a ética profissional.’.”

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e o paciente é do caso 10, então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos e não priorizou a ética profissional.’.”

#### **Regra 15 – *Feedback* geral: falta de conhecimento técnico**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o jogo não é encerrado automaticamente”.
- B “a conduta é inadequada”.
- C “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos de suporte de vida.’.”

Linguagem natural: “Se o jogo não é encerrado automaticamente e a conduta é inadequada, então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou conhecimento suficiente sobre os procedimentos de suporte de vida.’.”

#### **Regra 16 – *Feedback* geral: conhecimento essencial não demonstrado**

Notação formal simbólica:  $A \Rightarrow B$

- A “o jogo é encerrado automaticamente”.
- B “a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou o conhecimento essencial e indispensável para a condução dos procedimentos.’.”

Linguagem natural: “Se o jogo é encerrado automaticamente, então a mensagem de *feedback* geral exibida é ‘Você não demonstrou o conhecimento essencial e indispensável para a condução dos procedimentos.’.”

#### **Regra 17 – Relatório: omissão na verificação de responsividade (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o paciente pertence ao caso 10”.
- B “o jogador não verificou a responsividade”.
- C “a mensagem de relatório exibida é ‘Você não conseguiu diagnosticar a parada cardiorrespiratória (PCR).’.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o jogador não verifica a responsividade, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você não conseguiu diagnosticar a parada cardiorrespiratória (PCR).’.”

#### **Regra 18 – Relatório: ociosidade prolongada (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o paciente pertence ao caso 10”.
- B “o jogador permanece ocioso por tempo prolongado”.
- C “a mensagem de relatório exibida é ‘Você deixou de realizar cuidados necessários e essenciais por um período prolongado, reduzindo as chances de reversibilidade do quadro do paciente (se aplicável).’.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o jogador permanece ocioso, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você deixou de realizar cuidados necessários e essenciais por um período prolongado...’.”

### **Regra 19 – Relatório: encerramento automático por erro grave (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A “o paciente pertence ao caso 10”.
- B “o jogo é encerrado automaticamente”.
- C “a mensagem de relatório exibida é ‘Você cometeu um erro grave que, na vida real, poderia custar uma vida ou ocasionar prejuízos legais. Considerando isso, o jogo foi interrompido automaticamente.’”.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o jogo é encerrado automaticamente, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você cometeu um erro grave que, na vida real, poderia custar uma vida...’.”

### **Regra 20 – Relatório: falta de pedido de ajuda com ONR (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge (C \vee D \vee E) \wedge F \Rightarrow G$

- A “o paciente pertence ao caso 10”.
- B “o tamanho do histórico de ações é diferente de 1”.
- C “ONR2: desrespeito à ONR com sequência correta 2”.
- D “ONR3: desrespeito à ONR com sequência correta 3”.
- E “OutraONR: desrespeito à ONR sem sequência correta”.
- F “o jogador não chamou ajuda”.
- G “a mensagem de relatório exibida é ‘Você insistiu em realizar todas as tarefas sozinho. É importante revisar suas condutas e reconhecer que o cuidado em saúde é uma prática colaborativa. Para alcançar a excelência profissional, é fundamental trabalhar em equipe.’”.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico de ações não tem tamanho 1, ocorre desrespeito à ONR (ONR 2, ONR 3 ou outra forma) e o jogador não chama ajuda, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você insistiu em realizar todas as tarefas sozinho...’.”

### **Regra 21 – Relatório: fadiga da equipe por ausência de revezamento (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- A o paciente pertence ao caso 10.
- B o histórico de ações não tem tamanho 1.
- C houve desrespeito à ordem de não reanimação (ONR 2, ONR 3 ou Outra ONR).
- D o jogador chamou ajuda.
- E a mesma pessoa comprimiu por mais de um ciclo consecutivo.
- F a mensagem de relatório exibida é “Você manteve a mesma pessoa realizando a massagem cardíaca por um tempo prolongado. Lembre-se de alternar os membros da equipe para garantir a eficácia das compressões e preservar a ergonomia.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR, o jogador chamou ajuda e ocorreu cansaço profissional, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você manteve a mesma pessoa ...’.”

### **Regra 22 – Relatório: erro na administração de drogas (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR (ONR 2, 3 ou Outra ONR).

- D houve erro na escolha da droga ou da dose.
- E a mensagem de relatório exibida é “A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você não indicou a droga ou a dose correta.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e ocorreu erro na administração de drogas, então a mensagem de relatório exibida é ‘A administração de medicamentos não ocorreu ...’.”

### **Regra 23 – Relatório: omissão na delegação para administração de drogas (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR (ONR 2, 3 ou Outra ONR).
- D o jogador não delegou punção do acesso e/ou administração das medicações.
- E a mensagem de relatório exibida é “A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional ...”.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e o jogador não delegou a administração de drogas, então a mensagem de relatório exibida é ‘A administração de medicamentos não ocorreu ...’.”

### **Regra 24 – Relatório: omissão de compressões torácicas (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D nenhuma compressão registrada logo após o diagnóstico de PCR.
- E a mensagem de relatório exibida é “Você não prestou os cuidados iniciais adequadamente ao deixar de realizar as compressões imediatamente após constatar a PCR.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e não foram iniciadas compressões logo após o diagnóstico, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você não prestou os cuidados iniciais ...’.”

### **Regra 25 – Relatório: compressões torácicas iniciadas tardiamente (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D existe compressão no histórico, mas não como 2.<sup>a</sup> nem 3.<sup>a</sup> ação.
- E mesma mensagem da Regra 24.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e as compressões foram iniciadas tardiamente, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você não prestou os cuidados iniciais ...’.”

### **Regra 26 – Relatório: compressões em local inadequado (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D há compressões no histórico.
- E mãos fora do ponto correto.



- F mensagem: “Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR, compressões foram registradas e as mãos estavam em local inadequado, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você posicionou as mãos ...’.”

### **Regra 27 – Relatório: falta de delegação para ventilação (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D há ação “Ventilar”.
- E jogador selecionou ‘Ventilar’ antes de delegar a atribuição.
- F mensagem: “A ventilação não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR, houve ventilação e o jogador não delegou o procedimento, então a mensagem de relatório exibida é ‘A ventilação não ocorreu ...’.”

### **Regra 28 – Relatório: omissão na delegação de funções essenciais (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D omitiu ou atrasou delegação de funções essenciais.
- E mensagem: “Você deixou a equipe de código azul ociosa ao esquecer de delegar atribuições ou fazê-lo tardiamente.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e o jogador não delegou atribuições essenciais, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você deixou a equipe de código azul ociosa ...’.”

### **Regra 29 – Relatório: delegação repetida da mesma função (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D atribuiu a mesma função a mais de um profissional ao mesmo tempo.
- E mensagem: “Você delegou múltiplos procedimentos para serem realizados simultaneamente pela mesma pessoa.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e o jogador delegou a mesma função a mais de um profissional simultaneamente, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você delegou múltiplos procedimentos ...’.”

### **Regra 30 – Relatório: delegação incorreta de função entre categorias (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C desrespeito à ONR.
- D função típica de enfermagem delegada a médico ou vice-versa.

- E mensagem: “Você delegou atribuições que não correspondem às prioridades da categoria profissional da pessoa designada em uma situação de parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve desrespeito à ONR e o jogador delegou função a categoria inadequada, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você delegou atribuições que não correspondem ...’.”

### **Regra 31 – Relatório: delegação de entubação para profissional não habilitado (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A o paciente pertence ao caso 10.
- B o histórico de ações não tem tamanho 1.
- C houve violação da ordem de não reanimação (ONR 2, ONR 3 ou Outra ONR).
- D o procedimento de entubação (“Definir VAA”) foi delegado a um(a) enfermeiro(a).
- E a mensagem de relatório exibida é “Você delegou a tarefa de ‘Definir VAA’ a um(a) enfermeiro(a).”.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, ocorreu violação da ONR e a entubação foi delegada a um(a) enfermeiro(a), então a mensagem de relatório exibida é ‘Você delegou a tarefa de ‘Definir VAA’ a um(a) enfermeiro(a).’.”

### **Regra 32 – Relatório: choque sem solicitar afastamento (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C violação da ONR.
- D houve ação “Realizar desfibrilação” sem o alerta “Afastar” em seguida, levando ao encerramento automático.
- E mensagem: “Você comprometeu a segurança da equipe ao não alertar sobre a necessidade de afastamento no momento da desfibrilação.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR e foi registrado ‘Choque’ sem afastar a equipe, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você comprometeu a segurança da equipe...’.”

### **Regra 33 – Relatório: incerteza quanto ao momento de aferir ritmo (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C violação da ONR.
- D  $n.^{\circ}$  de análises de ritmo  $< n.^{\circ}$  de ciclos.
- E mensagem: “Você deixou de aferir o pulso e o ritmo cardíaco.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR e realizou-se menos análises de ritmo que ciclos, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você deixou de aferir o pulso...’.”

### **Regra 34 – Relatório: ritmo chocável sem desfibrilação (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge \neg D \wedge E \wedge F \wedge G \Rightarrow H$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C violação da ONR.
- D  $n.^{\circ}$  de análises de ritmo  $< n.^{\circ}$  de ciclos é verdadeira (aqui exigimos  $\neg D$ ).
- E ritmo analisado duas vezes consecutivas.

- F ritmo requer desfibrilação.
- G ação “Realizar desfibrilação” não registrada.
- H mensagem: “Você não administrou desfibrilação no paciente, apesar da indicação necessária.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR, o ritmo foi conferido duas vezes, identificou-se ritmo chocável e não se aplicou a desfibrilação, então a mensagem exibida é ‘Você não administrou desfibrilação...’.”

### **Regra 35 – Relatório: falha em detectar pulso após análise de ritmo (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C violação da ONR.
- D o histórico contém ação “Ritmo”.
- E pulso aferido em local incorreto.
- F mensagem: “Você tentou aferir o pulso do paciente em um local incorreto.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR, foi analisado o ritmo e o pulso foi verificado em local errado, então a mensagem é ‘Você tentou aferir o pulso...’.”

### **Regra 36 – Relatório: ritmo chocável com dois choques e sem entubação (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \wedge F \wedge G \Rightarrow H$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C violação da ONR.
- D histórico contém “Ritmo”.
- E ritmo requer desfibrilação.
- F exatamente dois choques aplicados.
- G VAA não realizada.
- H mensagem: “Você não administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR, identificou-se ritmo chocável, aplicaram-se dois choques e o paciente não foi entubado, então a mensagem é ‘Você não administrou a VAA...’.”

### **Regra 37 – Relatório: ritmo não chocável e sem entubação (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge \neg E \wedge \neg F \wedge G \Rightarrow H$

- A–C iguais à Regra 36.
- D histórico contém “Ritmo”.
- E exatamente dois choques aplicados (aqui  $\neg E$ ).
- F ritmo requer desfibrilação (aqui  $\neg F$ ).
- G VAA não realizada.
- H mesma mensagem da Regra 36.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR, o ritmo não era chocável, não foram aplicados dois choques e o paciente não foi entubado, então a mensagem é ‘Você não administrou a VAA...’.”

### **Regra 38 – Relatório: jogador realizou a entubação pessoalmente (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- A–C como acima.

- D histórico contém “Entubar”.
- E jogador selecionou ‘Entubar’ sem a devida delegação de funções acerca do procedimento.
- F mensagem: “A administração da ventilação assistida avançada (VAA) não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1, houve violação da ONR, há ação ‘Entubar’ e o jogador não delegou, então a mensagem é ‘A administração da VAA não ocorreu...’.”

### **Regra 39 – Relatório: tentativa válida com desempenho satisfatório (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- A paciente caso 10.
- B histórico  $\neq 1$ .
- C não houve violação da ONR (ONR 2, ONR 3 e Outra ONR são falsos).
- D mensagem: “Excelente trabalho! Você demonstrou precisão no atendimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10, o histórico não tem tamanho 1 e não houve nenhuma violação da ONR, então a mensagem é ‘Excelente trabalho! Você demonstrou precisão no atendimento.’.”

### **Regra 40 – Relatório: omissão na verificação de responsividade (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg A \wedge \neg B \Rightarrow C$

- A paciente caso 10 (aqui negado).
- B verificou responsividade (aqui negado).
- C mensagem: “Você não conseguiu diagnosticar a parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10 e o jogador não verifica a responsividade, então a mensagem exibida é ‘Você não conseguiu diagnosticar a parada cardiorrespiratória (PCR).’.”

### **Regra 41 – Relatório: jogador ocioso (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge Q \Rightarrow R$

- P “o paciente pertence ao caso 10”.
- Q “o jogador permanece ocioso por período prolongado”.
- R “a mensagem exibida é ‘Você deixou de realizar cuidados necessários e essenciais por um período prolongado, reduzindo as chances de reversibilidade do quadro do paciente (se aplicável).’”.

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10 e o jogador fica ocioso por muito tempo, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você deixou de realizar cuidados necessários...’.”

### **Regra 42 – Relatório: encerramento automático por erro grave (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \Rightarrow B$

- P paciente caso 10.
- A “o jogo foi encerrado automaticamente”.
- B mensagem: “Você cometeu um erro grave que, na vida real, poderia custar uma vida ou ocasionar prejuízos legais. Considerando isso, o jogo foi interrompido automaticamente.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10 e o jogo é encerrado automaticamente, então a mensagem exibida é ‘Você cometeu um erro grave...’.”

### **Regra 43 – Relatório: interrupção precoce da RCP (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge \neg A \Rightarrow D$

- P paciente caso 10.
- C “o número de ciclos de RCP é menor que 8”.
- A jogo encerrado automaticamente.
- D mensagem: “A reanimação cardiopulmonar (RCP) foi interrompida antes de completar o número mínimo de ciclos recomendado para este cenário ( $n = 8$ ).”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, a RCP teve menos de 8 ciclos e o jogo não foi encerrado automaticamente, então a mensagem é ‘A RCP foi interrompida antes do mínimo recomendado...’.”

#### **Regra 44 – Relatório: RCP prolongada além do limite (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge \neg A \Rightarrow D$

- P paciente caso 10.
- C “o número de ciclos de RCP é maior que 8”.
- A jogo encerrado automaticamente.
- D mensagem: “A reanimação cardiopulmonar (RCP) ultrapassou o limite de 8 ciclos permitido neste cenário. É importante monitorar o tempo para garantir intervenções mais eficazes.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, a RCP ultrapassa 8 ciclos e o jogo não foi encerrado, então a mensagem é ‘A RCP ultrapassou o limite de 8 ciclos...’.”

#### **Regra 45 – Relatório: jogador não chamou ajuda (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- C “o histórico de ações não tem tamanho 1”.
- D “o jogador não chamou ajuda”.
- E mensagem: “Você insistiu em realizar todas as tarefas sozinho. É importante revisar suas condutas e reconhecer que o cuidado em saúde é uma prática colaborativa. Para alcançar a excelência profissional, é fundamental trabalhar em equipe.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação no histórico e o jogador não chamou ajuda, então a mensagem exibida é ‘Você insistiu em realizar todas as tarefas sozinho...’.”

#### **Regra 46 – Relatório: fadiga da equipe por ausência de revezamento (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- P paciente caso 10.
- C histórico  $\neq 1$ .
- D “o jogador chamou ajuda”.
- E mesma pessoa comprime por mais de um ciclo consecutivo.
- F mensagem: “Você manteve a mesma pessoa realizando a massagem cardíaca por um tempo prolongado. Lembre-se de alternar os membros da equipe para garantir a eficácia das compressões e preservar a ergonomia.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, o jogador chamou ajuda e a mesma pessoa comprimiu por ciclos consecutivos, então a mensagem é ‘Você manteve a mesma pessoa...’.”

#### **Regra 47 – Relatório: erro na administração de drogas (caso $\neq 10$ )**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- C histórico  $\neq 1$ .

- D houve erro na escolha da droga ou da dose.
- E mensagem: “A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você não indicou a droga ou a dose correta.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e ocorreu erro de droga ou dose, então a mensagem é ‘A administração de medicamentos não ocorreu...’.”

#### **Regra 48 – Relatório: omissão na delegação para administração de drogas (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- C histórico  $\neq$  1.
- D delegação de administração de drogas omitida.
- E mensagem: “A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar a punção do acesso e a administração das medicações.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e o jogador não delegou a administração de drogas, então a mensagem é ‘A administração de medicamentos não ocorreu...’.”

#### **Regra 49 – Relatório: omissão de compressões torácicas (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- C histórico  $\neq$  1.
- D nenhuma compressão logo após diagnóstico de PCR.
- E mensagem: “Você não prestou os cuidados iniciais adequadamente ao deixar de realizar as compressões imediatamente após constatar a parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e não foram iniciadas compressões imediatamente, então a mensagem é ‘Você não prestou os cuidados iniciais...’.”

#### **Regra 50 – Relatório: compressões indicadas duas vezes seguidas (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- C histórico  $\neq$  1.
- D ação “Comprimir” registrada duas vezes consecutivas.
- E mesma mensagem da Regra 49.

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e ‘Comprimir’ foi registrado duas vezes seguidas, então a mensagem exibida é ‘Você não prestou os cuidados iniciais...’.”

#### **Regra 51 – Relatório: compressões em local inadequado (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P o paciente pertence ao caso 10.
- A o histórico de ações não tem tamanho 1.
- B compressões iniciadas com as mãos fora do ponto correto.
- C a mensagem exibida é “Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação no histórico e as mãos foram posicionadas incorretamente, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você posicionou as mãos e realizou as compressões em local inadequado.’.”

**Regra 52 – Relatório: falta de delegação para ventilação (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B há ação “Ventilar”.
- C o jogador selecionou ‘Ventilar’ antes de delegar a atribuição.
- D mensagem: “A ventilação não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, houve ventilação e o jogador não delegou o procedimento, então a mensagem é ‘A ventilação não ocorreu conforme o esperado...’.”

**Regra 53 – Relatório: omissão na delegação de funções (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B atribuições essenciais não foram delegadas ou foram delegadas tardiamente.
- C mensagem: “Você deixou a equipe de código azul ociosa ao esquecer de delegar atribuições ou fazê-lo tardiamente.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e o jogador não delegou funções essenciais, então a mensagem é ‘Você deixou a equipe de código azul ociosa...’.”

**Regra 54 – Relatório: delegação repetida da mesma função (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B mesma função designada a profissionais diferentes simultaneamente.
- C mensagem: “Você delegou múltiplos procedimentos para serem realizados simultaneamente pela mesma pessoa.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e ocorreu delegação repetida, então a mensagem é ‘Você delegou múltiplos procedimentos...’.”

**Regra 55 – Relatório: delegação incorreta entre categorias (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B função típica de uma categoria profissional delegada a outra.
- C mensagem: “Você delegou atribuições que não correspondem às prioridades da categoria profissional da pessoa designada em uma situação de parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e a função foi delegada a categoria inadequada, então a mensagem é ‘Você delegou atribuições que não correspondem...’.”

**Regra 56 – Relatório: delegação de entubação para enfermeiro (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B entubação delegada a enfermeiro(a).

- C mensagem: “Você delegou a tarefa de 'Definir VAA' a um(a) enfermeiro(a).”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e a entubação foi delegada a um(a) enfermeiro(a), então a mensagem é ‘Você delegou a tarefa de 'Definir VAA' a um(a) enfermeiro(a).’.”

#### **Regra 57 – Relatório: choque sem solicitar afastamento (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B desfibrilação sem alerta de afastamento.
- C mensagem: “Você comprometeu a segurança da equipe ao não alertar sobre a necessidade de afastamento no momento da desfibrilação.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e houve choque sem afastar a equipe, então a mensagem é ‘Você comprometeu a segurança da equipe...’.”

#### **Regra 58 – Relatório: falta de entubação após dois choques em ritmo chocável (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge C \wedge D \wedge E \Rightarrow F$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B histórico contém “Ritmo”.
- C ritmo requer desfibrilação.
- D exatamente dois choques aplicados.
- E VAA não realizada.
- F mensagem: “Você não administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, o ritmo era chocável, dois choques foram aplicados e o paciente não foi entubado, então a mensagem é ‘Você não administrou a VAA...’.”

#### **Regra 59 – Relatório: falta de entubação em ritmo não chocável (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge \neg C \wedge D \Rightarrow E$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B histórico contém “Ritmo”.
- C ritmo requer desfibrilação (aqui negado).
- D VAA não realizada.
- E mesma mensagem da Regra 58.

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, o ritmo não era chocável e o paciente não foi entubado, então a mensagem é ‘Você não administrou a VAA...’.”

#### **Regra 60 – Relatório: incerteza ao aferir pulso e ritmo cardíaco (caso $\neq$ 10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B nº de análises de ritmo  $<$  nº de ciclos.
- C mensagem: “Você deixou de aferir o pulso e o ritmo cardíaco.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e realizou-se menos análises de ritmo que ciclos, então a mensagem é ‘Você deixou de aferir o pulso e o ritmo cardíaco.’.”



**Regra 61 – Relatório: ritmo chocável sem desfibrilação (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge C \wedge D \Rightarrow E$

- P o paciente pertence ao caso 10.
- A o histórico de ações não tem tamanho 1.
- B o número de análises de ritmo é exatamente uma unidade maior que o número de ciclos de RCP.
- C o ritmo detectado requer desfibrilação.
- D não foi registrada a ação “Realizar desfibrilação” após identificar o ritmo.
- E a mensagem exibida é “Você não administrou desfibrilação no paciente, apesar da indicação necessária.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação no histórico, foi realizada uma análise de ritmo a mais que ciclos, o ritmo era chocável e não se aplicou choque, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você não administrou desfibrilação...’.”

**Regra 62 – Relatório: tentativa de aferição de pulso em local incorreto (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B o histórico contém ação “Ritmo”.
- C o pulso foi verificado em local incorreto.
- D mensagem: “Você tentou aferir o pulso do paciente em um local incorreto.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, o ritmo foi analisado e o pulso foi verificado em local errado, então a mensagem exibida é ‘Você tentou aferir o pulso...’.”

**Regra 63 – Relatório: desempenho satisfatório reconhecido (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \Rightarrow C$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B conduta foi correta.
- C mensagem: “Excelente trabalho! Você demonstrou precisão no atendimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação e a conduta foi adequada, então a mensagem é ‘Excelente trabalho!...’.”

**Regra 64 – Relatório: jogador realizou a entubação pessoalmente (caso  $\neq$  10)**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge A \wedge B \wedge C \Rightarrow D$

- P paciente caso 10.
- A histórico  $\neq$  1.
- B o histórico contém ação “Entubar”.
- C o jogador não delegou o procedimento “Entubar”.
- D mensagem: “A administração da ventilação assistida avançada (VAA) não ocorreu conforme o esperado: você omitiu a delegação de um profissional para realizar esse procedimento.”

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10, há mais de uma ação, há ‘Entubar’ no histórico e o jogador não delegou, então a mensagem é ‘A administração da VAA não ocorreu...’.”

**Regra 65 – Relatório: verificação de responsabilidade em momento inadequado**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq$  1.

- B responsividade verificada fora do contexto recomendado.
- C mensagem: “Houve incerteza quanto ao momento adequado para verificar a responsividade do paciente.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação no histórico e a responsividade foi verificada em momento inadequado, então a mensagem exibida é ‘Houve incerteza quanto ao momento adequado para verificar a responsividade...’.”

#### **Regra 66 – Relatório: solicitação de afastamento em momento incorreto**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B ação “Afastar” realizada sem ser precedida por “Realizar desfibrilação”.
- C mensagem: “Houve incerteza quanto ao momento certo para solicitar que a equipe se afastasse ou sobre o motivo dessa solicitação.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e ‘Afastar’ foi solicitado sem necessidade, então a mensagem é ‘Houve incerteza quanto ao momento certo para solicitar afastamento...’.”

#### **Regra 67 – Relatório: análise de ritmo em momento inadequado**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B análise de ritmo solicitada em momento não recomendado.
- C mensagem: “Houve incerteza quanto ao momento certo para aferir o pulso e o ritmo cardíaco.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e o ritmo foi analisado num momento inadequado, então a mensagem é ‘Houve incerteza quanto ao momento certo para aferir o pulso e o ritmo cardíaco.’.”

#### **Regra 68 – Relatório: não chamou ajuda nos primeiros momentos (com ONR)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge (C \vee D \vee E) \Rightarrow F$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B auxílio solicitado tardiamente.
- C ONR2; D ONR3; E Outra ONR (há violação da ONR).
- F mensagem: “Houve incerteza quanto ao momento adequado para chamar ajuda; isso deveria ter ocorrido após diagnosticar a parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação, ajuda foi solicitada tardiamente e houve violação da ONR, então a mensagem é ‘Houve incerteza quanto ao momento adequado para chamar ajuda...’.”

#### **Regra 69 – Relatório: não chamou ajuda nos primeiros momentos (sem ONR)**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \wedge \neg(C \vee D \vee E) \Rightarrow F$

- Variáveis A, B, C, D, E, F como na Regra 68, mas aqui não há violação de ONR.

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação, ajuda foi solicitada tardiamente e não houve violação da ONR, então a mesma mensagem de incerteza ao chamar ajuda é exibida.”

#### **Regra 70 – Relatório: desfibrilação em ritmo não chocável**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B o jogador aplicou “Realizar desfibrilação” quando o ritmo do paciente não era chocável.
- C mensagem: “Você administrou desfibrilação no paciente sem indicação necessária.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação no histórico e o jogador aplicou choque num

ritmo não chocável, então a mensagem exibida é ‘Você administrou desfibrilação no paciente sem indicação necessária.’.”

### **Regra 71 – Relatório: desfibrilação após retorno da circulação espontânea**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B o paciente já recuperou a circulação espontânea, mas o jogador executou “Realizar desfibrilação”.
- C mensagem de relatório: “Você administrou desfibrilação em um paciente que apresentava ritmo sinusal e pulso presente.”

Linguagem natural: “Se existem várias ações registradas e o jogador aplica choque após o retorno da circulação espontânea, então a mensagem exibida é: ‘Você administrou desfibrilação em um paciente que apresentava ritmo sinusal e pulso presente.’.”

### **Regra 72 – Relatório: posicionamento incorreto das pás do desfibrilador**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B pás esternal/apical posicionadas ou trocadas incorretamente.
- C mensagem de relatório: “Você posicionou as pás do desfibrilador em locais inadequados.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e as pás estão mal posicionadas, a mensagem exibida é: ‘Você posicionou as pás do desfibrilador em locais inadequados.’.”

### **Regra 73 – Relatório: administração de drogas em momento inadequado**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B medicação administrada fora da sequência lógica.
- C mensagem de relatório: “A administração de medicamentos não ocorreu conforme o esperado: você não administrou a(s) droga(s) no momento adequado.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e a droga foi administrada fora do momento correto, então a mensagem é: ‘A administração de medicamentos não ocorreu...’.”

### **Regra 74 – Relatório: ventilação em momento inadequado**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B “Ventilar” executado fora da ordem recomendada.
- C mensagem de relatório: “Houve incerteza quanto ao momento adequado para administrar a massagem cardíaca e a ventilação.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e a ventilação foi feita fora de hora, a mensagem exibida é: ‘Houve incerteza quanto ao momento adequado...’.”

### **Regra 75 – Relatório: entubação prematura**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B entubação realizada antes do momento apropriado.
- C mensagem de relatório: “Você administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente de forma prematura.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e a entubação foi antecipada, então a mensagem exibida é: ‘Você administrou a VAA de forma prematura.’.”

**Regra 76 – Relatório: entubação tardia**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B entubação executada depois do tempo ideal.
- C mensagem de relatório: “Você administrou a ventilação assistida avançada (VAA) no paciente de maneira tardia.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e a entubação ocorreu tardiamente, a mensagem é: ‘Você administrou a VAA no paciente de maneira tardia.’”

**Regra 77 – Relatório: exame complementar desnecessário**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B exame não essencial solicitado durante a PCR.
- C mensagem de relatório: “Você solicitou exames não essenciais para o momento de uma parada cardiorrespiratória (PCR).”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e exames desnecessários foram solicitados na PCR, então a mensagem é: ‘Você solicitou exames não essenciais...’”

**Regra 78 – Relatório: indicação de troca de massagista em momento inadequado**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B solicitação de troca de massagista em momento impróprio.
- C mensagem de relatório: “Houve incerteza quanto ao momento de solicitar a troca de pessoal para realizar as compressões. A troca regular é essencial para manter a qualidade das manobras e evitar a fadiga da equipe.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e a troca de massagista foi pedida fora de hora, a mensagem exibida é: ‘Houve incerteza quanto ao momento...’”

**Regra 79 – Relatório: não encerrou RCP após retorno à circulação espontânea**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$ .
- B paciente recupera circulação espontânea, mas RCP continua.
- C mensagem de relatório: “Você não interrompeu a reanimação cardiopulmonar (RCP) após o retorno da circulação espontânea do paciente.”

Linguagem natural: “Se há mais de uma ação e o jogador continua a RCP após o retorno da circulação espontânea, então a mensagem exibida é: ‘Você não interrompeu a RCP...’”

**Regra 80 – Relatório: prosseguiu com RCP apesar de ONR**

Notação formal simbólica:  $A \wedge B \Rightarrow C$

- A histórico  $\neq 1$  (há mais de uma ação registrada).
- B o jogador continua ou encerra a RCP contrariando uma ordem de não reanimação.
- C mensagem de relatório: “Você agiu de maneira antiética ao prosseguir com a reanimação, apesar da presença da Ordem de Não Reanimar (ONR) no prontuário do paciente.”

Linguagem natural: “Se existem várias ações registradas e o jogador prossegue com a reanimação contrariando a ONR, então a mensagem de relatório exibida é ‘Você agiu de maneira antiética ...’”

**Regra 81 – Conceito adequado em paciente sem ONR**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge (A \vee B) \Rightarrow C$

- P paciente do caso 10, com ONR (aqui é a negação).
- A Histórico = Ordem 1 (sequência correta 1).
- B Histórico = Ordem 2 (sequência correta 2).
- C Conceito = verdadeiro.

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10 e o histórico coincide com a Ordem 1 ou Ordem 2, então o conceito é considerado verdadeiro.”

### **Regra 82 – Conceito inadequado em paciente sem ONR**

Notação formal simbólica:  $\neg P \wedge (A \wedge B) \Rightarrow C \wedge D$

- P paciente do caso 10 (aqui é a negação).
- A Histórico  $\neq$  Ordem 1.
- B Histórico  $\neq$  Ordem 2.
- C Conceito = falso.
- D Os erros são armazenados.

Linguagem natural: “Se o paciente não é do caso 10 e o histórico não corresponde nem à Ordem 1 nem à Ordem 2, o conceito é falso e os erros são registrados.”

### **Regra 83 – Conceito adequado em paciente com ONR (Ordem 1)**

Notação formal simbólica:  $P \wedge A \Rightarrow B$

- P paciente do caso 10.
- A Histórico = Ordem 1.
- B Conceito = verdadeiro.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o histórico coincide com a Ordem 1, então o conceito é considerado verdadeiro.”

### **Regra 84 – Conduta inadequada com ONR tipo 2 (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $P \wedge A \Rightarrow B \wedge C \wedge D$

- P paciente do caso 10.
- A Histórico = Ordem 2.
- B Conceito = falso.
- C ONR2 (variável ativada).
- D Os erros são armazenados.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o histórico coincide com a Ordem 2, o conceito é falso, a variável ONR2 é ativada e os erros são registrados.”

### **Regra 85 – Conduta inadequada com ONR tipo 3 (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $P \wedge A \Rightarrow B \wedge C \wedge D$

- P paciente do caso 10.
- A Histórico = Ordem 3.
- B Conceito = falso.
- C ONR 3 (variável ativada).
- D Os erros são armazenados.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o histórico coincide com a Ordem 3, o conceito é falso, a variável ONR3 é ativada e os erros são registrados.”

### **Regra 86 – Conduta inadequada com outra ONR (caso 10)**

Notação formal simbólica:  $P \wedge (A \wedge B \wedge C) \Rightarrow D \wedge E \wedge F$

- P PacienteCaso10.
- A Histórico  $\neq$  Ordem 1.
- B Histórico  $\neq$  Ordem 2.

- C Histórico  $\neq$  Ordem 3.
- D Conceito = falso.
- E Outra ONR (variável ativada).
- F Os erros são armazenados.

Linguagem natural: “Se o paciente é do caso 10 e o histórico não coincide com nenhuma das Ordens 1, 2 ou 3, o conceito é falso, a variável outra ONR é ativada e os erros são registrados.”

**ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP)**

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

**Título da Pesquisa:** ESTRATÉGIA DE REALIDADE VIRTUAL PARA TREINAMENTO DE ESTUDANTES DE MEDICINA EM SUPORTE AVANÇADO DE VIDA CARDIOVASCULAR

**Pesquisador:** Marcelo Dantas Tavares de Melo

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 70812923.7.0000.8069

**Instituição Proponente:** UFPB - Centro de Ciências Médicas/CCM

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 6.484.233

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se da apresentação de Emenda (terceira versão do protocolo) ao projeto de pesquisa vinculado ao curso de Medicina do Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba, sob orientação de Prof. Marcelo Dantas Tavares de Melo.

Justificativa da Emenda: Adequar o projeto à Resolução 466/2012 do CNS/MS e a Carta Circular no 1/2021-CONEP/SECNS/MS.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Avaliar o impacto de uma estratégia envolvendo realidade virtual e avaliação prática na formação educacional e no treinamento de ACLS para estudantes de medicina do 8º ao 12º período da Universidade Federal da Paraíba.

Objetivo Secundário:

Avaliar a experiência e a formação prévia dos estudantes de medicina da Paraíba em Suporte à Vida. Avaliar as principais dificuldades encontradas na formação de estudantes de medicina da Paraíba em Suporte à Vida. Avaliar as principais potencialidades do uso de estratégia em realidade virtual na formação de estudantes de medicina da Paraíba em Suporte à Vida. Desenvolver uma ferramenta de realidade virtual para ensino e avaliação prática em ACLS. Avaliar o conhecimento

**Endereço:** Centro de Ciências Médicas, 3º andar, Sala 14 - Cidade Universitária Campus 1

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOÃO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7308

**E-mail:** comitedeetica@ccm.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM



Continuação do Parecer: 6.484.233

prévio e o aprendizado teórico-práticos dos estudantes de medicina da Universidade Federal da Paraíba em ACLS em um modelo de simulação em realidade virtual; Avaliar o nível de satisfação do usuário com a utilização do método tecnológico no auxílio do aprendizado.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

A participação na fase preparatória está sujeita a riscos como leve fadiga e/ou constrangimento pelo preenchimento dos itens do formulário. A fim de minimizar esses riscos, a coleta de dados será realizada neste ambiente virtual reservado e controlado pelos pesquisadores, mas sem a presença de membros do projeto durante o preenchimento. Além disso, para garantir a guarda e a confidencialidade dos dados produzidos, bem como a não exposição individualizada de informações, todos formulários serão registradas de forma anônima em planilha criptografada, cujo acesso se dará exclusivamente por membros cadastrados no projeto de pesquisa, sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Na fase efetiva, os participantes também estarão expostos a riscos como leve fadiga pelo preenchimento dos questionários, além de possível constrangimento próprio ao agir como líder de um cenário virtual de intercorrência cardíaca que exigem conhecimento teórico e prático sobre ACLS.

**Benefícios:**

Esta pesquisa tem como benefícios contribuir com o melhor preparo dos estudantes de medicina acerca do ACLS, de modo a favorecer o atendimento rápido, eficaz e correto aos futuros pacientes que venham a apresentar parada cardíaca em ambiente intra ou extra-hospitalar. Além disso, este estudo servirá para analisar o impacto de metodologias inovadoras de ensino teórico-práticas no que concerne ao aprendizado do ACLS, de forma que seu uso possa contribuir para melhorar o ensino médico da UFPB.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Emenda que atende os critérios de viabilidade em consonância com as regras trazidas na Resolução 466/2012 do CNS/MS.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A pendência apontada em parecer anterior foi de necessidade de retificação do TCLE, o que foi devidamente cumprido na presente emenda.

**Endereço:** Centro de Ciências Médicas, 3º andar, Sala 14 - Cidade Universitária Campus 1

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7308

**E-mail:** comitedeetica@ccm.ufpb.br



UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM



Continuação do Parecer: 6.484.233

**Recomendações:**

- Manter a metodologia aprovada pelo CEP/CCM/UFPB.
- Apresentar os relatórios parcial e final, via Plataforma Brasil, no ícone notificações.
- Informar ao CEP-CCM, por meio de Emenda/Notificação a inclusão de novos membros/equipe de pesquisa, via plataforma Brasil.
- Caso ocorram intercorrências durante ou após o desenvolvimento da pesquisa, a exemplo de alteração de título, mudança de local da pesquisa, população envolvida, entre outras, o (a) pesquisador (a) responsável deverá solicitar a este CEP, via Plataforma Brasil, aprovação de tais alterações, ou buscar devidas orientações

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Considerando que o (a) pesquisador (a) atendeu adequadamente às recomendações feitas por este Colegiado em parecer anterior a este, e que o estudo apresenta viabilidade ética e metodológica, estando em consonância com as diretrizes contidas na Resolução 466/2012, do CNS/MS, protocolo APROVADO.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Ratificamos o parecer de APROVAÇÃO da EMENDA ao protocolo de pesquisa, emitido pelo Colegiado do CEP/ CCM, em reunião ordinária realizada em 26 de outubro de 2023.

**OBSERVAÇÕES IMPORTANTES PARA O(S) PESQUISADORES**

. O pesquisador deverá desenvolver a pesquisa conforme delineamento aprovado no protocolo de pesquisa e só descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade, pelo CEP que o aprovou, aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.

Eventuais modificações ao protocolo devem ser apresentadas por meio de EMENDA ao CEP/ CCM de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

O protocolo de pesquisa, segundo cronograma apresentado pela pesquisadora responsável, terá vigência até 08/2024.

**Endereço:** Centro de Ciências Médicas, 3º andar, Sala 14 - Cidade Universitária Campus 1

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7308

**E-mail:** comitedeetica@ccm.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM**



Continuação do Parecer: 6.484.233

Ao término do estudo, o pesquisador deverá apresentar, online via Plataforma Brasil, através de Notificação, o Relatório final ao CEP/ CCM para emissão da Certidão Definitiva por este CEP. Informamos que qualquer alteração no projeto, dificuldades, assim como os eventos adversos deverão ser comunicados a este Comitê de Ética em Pesquisa através do Pesquisador responsável uma vez que, após aprovação da pesquisa o CEP- CCM torna-se co-responsável.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2189814_E1.pdf	11/10/2023 16:36:36		Aceito
Outros	Carta_Resposta_assinado.pdf	11/10/2023 16:34:26	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_RV_ACLS_Nova_Versao_Limpa.docx	11/10/2023 15:49:04	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_RV_ACLS_Nova_Versao_Destacada.docx	11/10/2023 15:41:55	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
Cronograma	Cronograma_Nova_Versao_Limpa.docx	11/10/2023 15:41:27	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
Cronograma	Cronograma_Nova_Versao_Destacada.docx	11/10/2023 15:41:18	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TLCE_Fase_preparatoria_Nova_Versao_Limpa.docx	11/10/2023 15:40:29	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TLCE_Fase_preparatoria_Nova_Versao_Destacada.docx	11/10/2023 15:39:56	GLAUDIR DONATO PINTO JUNIOR	Aceito
Outros	Carta_de_anuencia.pdf	26/06/2023 11:47:28	Marcelo Dantas Tavares de Melo	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_RV_ACLS.pdf	26/06/2023 10:32:11	Marcelo Dantas Tavares de Melo	Aceito
Orçamento	Orcamento_RV_ACLS.pdf	26/06/2023 09:14:41	Marcelo Dantas Tavares de Melo	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_RV_ACLS.pdf	26/06/2023 09:03:45	Marcelo Dantas Tavares de Melo	Aceito

**Endereço:** Centro de Ciências Médicas, 3º andar, Sala 14 - Cidade Universitária Campus 1

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7308

**E-mail:** comitedeetica@ccm.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM



Continuação do Parecer: 6.484.233

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JOAO PESSOA, 16 de Novembro de 2023

---

**Assinado por:**

**MARCIA ADRIANA DIAS MEIRELLES MOREIRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Centro de Ciências Médicas, 3º andar, Sala 14 - Cidade Universitária Campus 1

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7308

**E-mail:** comitedeetica@ccm.ufpb.br