

**UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SISTEMAS CRÍTICOS, UMA PESQUISA  
EXPLORATÓRIA**

**LUIZ HENRIQUE MOREIRA MONTANHER**

**MARINGÁ – PR**

**2020**

Luiz Henrique Moreira Montanher

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SISTEMAS CRÍTICOS, UMA PESQUISA  
EXPLORATÓRIA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia de Software, sob a orientação do Prof. Dr<sup>a</sup> Iara Carnevale Almeida.

MARINGÁ – PR

2020

**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**LUIZ HENRIQUE MOREIRA MONTANHER**

**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SISTEMAS CRÍTICOS, UMA PESQUISA  
EXPLORATÓRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software da Universidade Cesumar –UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia de Software, sob a orientação do Prof. Dr<sup>a</sup> Iara Carnevale Almeida.

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

---

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

---

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

## A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E OS SISTEMAS CRÍTICOS, UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA

Luiz Henrique Moreira Montanher

### RESUMO

Esta é uma pesquisa bibliográfica exploratória de natureza aplicada com abordagem qualitativa, na qual será feito um levantamento de dados para compreender como a Inteligência Artificial está sendo utilizada nos softwares, particularmente nos Sistemas considerados Críticos. A partir das pesquisas realizadas conclui-se que o caminho mais seguro para implementar a IA em um Software Crítico é utilizar da Inteligência artificial para monitorar as entradas, processamentos e saídas de dados, analisando os comportamentos esperados pelo sistema e dar alertas ao usuário, caso o sistema identifique algo fora do comum; dessa forma, é possível otimizar o processamento de dados e reduzir erros por falha humana.

**Palavras chave:** Aprendizado de Máquina, Novas Tecnologias, Falhas Sistêmicas.

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND CRITICAL SYSTEMS, AN EXPLORATORY RESEARCH

### ABSTRACT

This is an exploratory bibliographic research of an applied nature with a qualitative approach, where a data survey will be made to understand how Artificial Intelligence is being used in software, particularly in Systems considered Critical. Based on the research carried out, it is concluded that the safest way to implement AI in Critical Software is to use Artificial Intelligence to monitor data inputs, processing and outputs, analyzing the behaviors expected by the system and giving alerts to the user if the system identifies something out of the ordinary, so it is possible to optimize data processing and reduce errors due to human error.

**Key Words:** Machine Learning, New Technologies, Systemic Failures.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	05
1.1	OBJETIVO GERAL .....	06
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	06
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	06
2.1	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL .....	06
2.2	SISTEMAS CRÍTICOS .....	12
3	METODOLOGIA .....	15
4	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS APLICAÇÕES .....	16
5	SISTEMAS CRÍTICOS BASEADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL .....	18
6	CONCLUSÃO .....	22

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Pressman (2011), softwares são conjuntos de instruções computacionais, séries de dados e documentos. Por esse conceito, quando se fala sobre softwares, imagina-se que estejam presentes em quase todos os lugares; de um software embarcado a um painel de micro-ondas aos mais avançados robôs

Sommerville (2007) em seu livro de mesmo nome, apresenta os softwares críticos, cujas características causam algum tipo de risco financeiro ou físico a pessoas, corporações ou ambientes, caso exista uma falha ou demora no processamento dos dados. Essa categoria de software precisa ter atenção especial no seu desenvolvimento e manutenção, atendendo a requisitos como disponibilidade, confiabilidade, segurança e proteção. Este tipo de software será o grande foco, junto aos softwares de Inteligência Artificial (IA).

A Inteligência Artificial pode ser entendida como algoritmos não numéricos, usados para obter respostas ou aprimorar processos considerados complexos ou demorados para pessoas realizarem. A IA vem sendo aplicada em todas as áreas da tecnologia; porém, seus maiores avanços nos últimos anos, têm ocorrido nas áreas da segurança, educação e saúde. Atualmente, estudiosos estão desenvolvendo e aperfeiçoando o aprendizado de máquina para tornar os algoritmos mais eficientes; desse modo, surgem os progressos; todavia, também ocorrem riscos. Ao adotar uma tecnologia em ascensão pode ser que ocorram falhas durante os processos e isso traz adversidades. Apesar de estar no início dos estudos, pesquisadores já vêm traçando a evolução da Inteligência Artificial. Russel e Norvig (2013) dividiram a IA em quatro dimensões distintas: pensar como humano, pensar racionalmente, agir como humano e agir racionalmente. Entretanto, quando relacionamos tais dimensões entre pensar e agir, elas tornam-se oito.

Cada uma dessas fases é um caminho que a IA pode seguir até tornar-se o que nominou-se Máquina Consciente. Considerando que os sistemas críticos são complexos e exigem extremo cuidado ao serem desenvolvidos, ligá-los a uma tecnologia tão poderosa, mas que ainda se encontra em estágio inicial como a IA, levanta diversos questionamentos sobre o trabalho conjunto e como isso os afeta, positivamente ou não.

O presente estudo pretende, portanto, responder a seguinte pergunta científica: “Como a Inteligência Artificial está sendo utilizada em Sistemas Críticos?”

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Compreender o uso da Inteligência Artificial em Sistemas Críticos.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Compreender os conceitos principais da Inteligência Artificial e dos Sistemas Críticos.
2. Relacionar a Inteligência Artificial aos Sistemas Críticos.

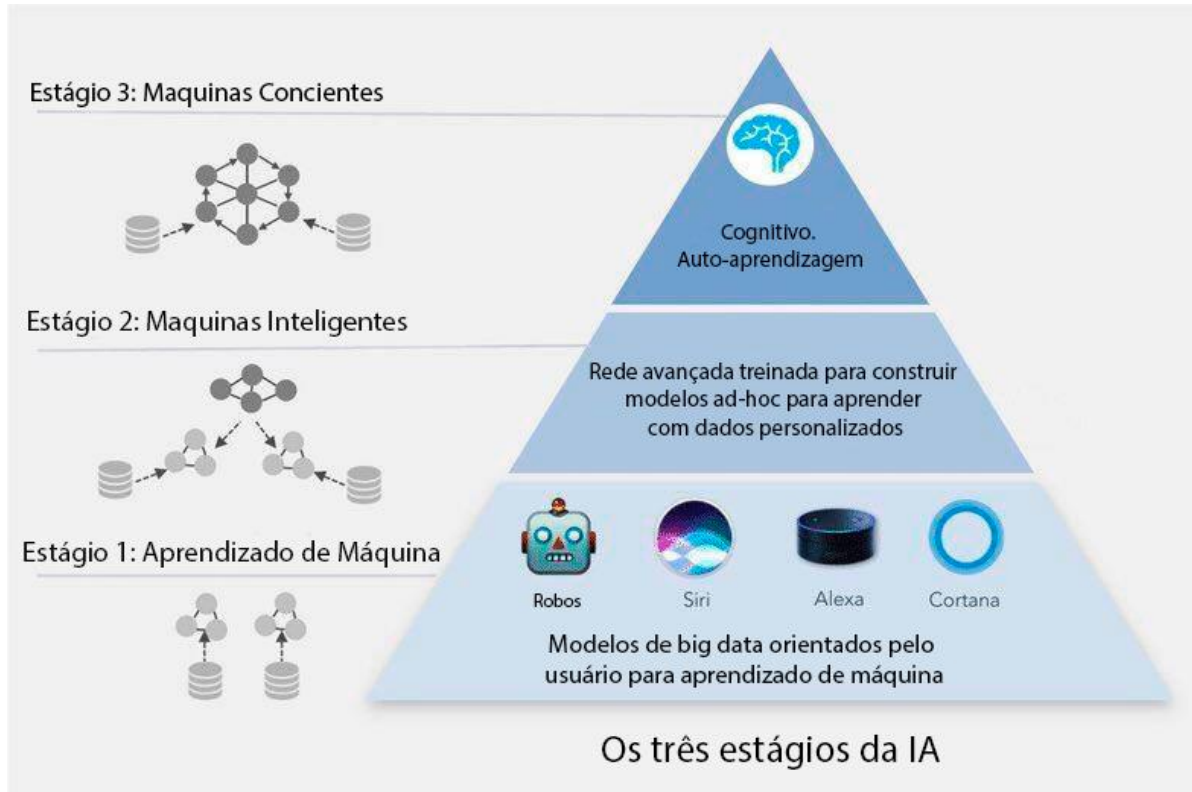
## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A Inteligência Artificial está cada vez mais presente em nossas vidas e, dependendo do olhar que lançamos ao modo de utilização dos sistemas, percebe-se que eles se tornam mais críticos o que, conseqüentemente, aproxima as duas áreas. As pesquisas realizadas tiveram por referência literaturas sobre engenharia de software, sistemas críticos e inteligência artificial produzida por grandes autores e o conteúdo resultante destas, serão apresentados a seguir.

### **2.1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Conforme Pressman (2011), a Inteligência Artificial (IA) pode ser interpretada como um algoritmo não numérico, utilizado para solucionar problemas considerados complexos, podendo atingir diversas áreas da tecnologia e ser considerada um sistema que simula raciocínio ou ações humanas. Atualmente está se desenvolvendo na área do Aprendizado de Máquina (Machine Learning). Arthur Samuel, em 1959, definiu esta área como "campo de estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados". Baseado em Russel e Norvig (2013), pode-se entender que o aprendizado possui diversas técnicas, mas todas elas buscam realizar estudos e construção de algoritmos que possam aprender com suas falhas e possivelmente prever algum tipo de dado desejado. Aplicações utilizando aprendizagem de máquina estão em franca utilização, e ocorrem a partir de um certo conjunto de informações testes dado ao algoritmo do qual este coletará dados, baseando-se nas decisões tomadas deste ponto em diante. Identifica-se que o agente está aprendendo se este melhorar o seu desempenho na realização das próximas tarefas que deve executar, após fazer sua previsão de dados com base nas decisões anteriores.

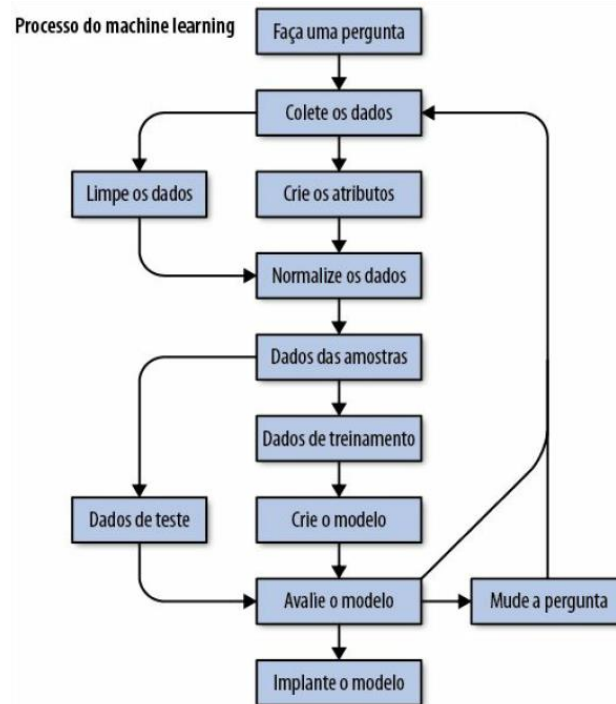
**Figura 1** - Evolução da Inteligência Artificial



**FONTE:** LinkedIn, 2020 (tradução nossa)

Um dos processos para a aprendizagem de máquina é o CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining, ou Processo Padrão do Mercado para Mineração de Dados) que possui alguns passos para que o algoritmo seja melhorado constantemente conforme apresentado na Figura 2):

**Figura 2** - Fluxo de trabalho comum no machine learning.



Fonte: (HARRISON, 2019, p.23)

Harrison (2019) descreve o que ser planejado em cada uma dessas etapas na construção de um algoritmo:

- **FAÇA UMA PERGUNTA:** Deve-se criar um modelo que seja capaz de realizar previsões para responder uma questão que se acha necessária.
- **COLETE OS DADOS:** Deve-se carregar no algoritmo um conjunto de dados já disponível em nossas mãos que irá ajudar o algoritmo a gerar suas previsões posteriormente. É preciso realizar uma verificação dados para garantir que não terá problemas para realizar a análise destes dados.
- **LIMPE OS DADOS:** Precisa-se certificar de que os dados, anteriormente carregados, estejam em um formato que possibilite criar um modelo, já que muitos modelos apresentam problemas por não receberem todos os valores. Além disso, alguns modelos possuem um melhor desempenho com dados padronizados.
- **CRIE OS ATRIBUTOS:** Para criar os atributos é preciso desconsiderar colunas que não possuam nenhum tipo de variação (por exemplo: uma coluna inteira de valores 1); sinal ou colunas que causem vazamento de informações (por exemplo: informações que já nos dão a resposta da pergunta inicial).

- **NORMALIZE OS DADOS:** Padronizam-se os dados para que tenham uma média igual a zero e o desvio padrão igual a um para que os modelos não acabem, tratando variáveis de maior escala como sendo mais importantes que as de menor escala.
- **DADOS DAS AMOSTRAS:** Precisa-se separar os dados obtidos em amostras porque sempre deve ser feito treinamentos e testes com dados diferentes de modo que o algoritmo seja mais eficiente.
- **DADOS DE TREINAMENTO:** Usam-se os dados para treinar o algoritmo a responder o questionamento feito.
- **DADOS DE TESTE:** São os dados gerados pelo conjunto de testes, conjunto este que o algoritmo preenche com base no seu treinamento.
- **CRIE O MODELO:** Criar um modelo de problema que seja simples e fácil de comparar que tende trazer dados razoáveis. Inicialmente o modelo pode nos entregar uma precisão de previsão enganosa com 98% de acerto por exemplo.
- **AVALIE O MODELO:** Utiliza-se dos dados de teste para avaliar se é possível expandir o modelo para receber dados não carregados até então.
- **MUDE A PERGUNTA:** Os modelos são compostos de diversos valores em uma matriz para encontrar a resposta desejada; ao mudar a pergunta, o desempenho do modelo será alterado. Haverá um modelo com diferentes valores combinados. Mudando o objetivo do modelo conseqüentemente ele terá que passar novamente pela curva de aprendizagem.
- **IMPLANTE O MODELO:** Carrega-se o modelo, coloca-se o modelo em prática e avalia-se os resultados obtidos.

O próximo estágio da evolução da Inteligência Artificial é a Inteligência de Máquinas (Machine Intelligence). Bien et All (2002) nos contextualizam que a inteligência de uma máquina deve capaz de abranger diversos níveis de capacidade de intelecto comparando-as do nível de um inseto ao de um ser humano. Mas esse nível de inteligência no momento atual chega quase a ser impossível. É possível medir o nível de inteligência de uma máquina se a classificarmos de acordo com seu objetivo. Por exemplo: carros autônomos conseguem mudar o seu percurso e tomar decisões com base nas mudanças de seu ambiente, em poucos segundos, mostrando um nível de inteligência já avançado. Sistemas assim, conseguem processar informações de entrada e devolver uma decisão adequada como uma resposta de saída; o que, teoricamente, corresponde ao cérebro humano; contudo, a inteligência humana é uma sequência de fenômenos complexos e não estruturados para construção do raciocínio. Com o avançar do tempo, tal

conceito pode evoluir para uma rede avançada, treinada para construir modelos de aprendizagem com dados personalizados para isso.

A evolução das máquinas inteligentes a seguir são as Máquinas Conscientes (em inglês, *Machine Consciousness*). Gamez (2008) menciona que iniciou-se a classificação desta área com sistemas que tentam replicar o comportamento humano ou criar uma consciência artificial real. Esta área está em um estado muito inicial, e por isso é muito cedo para ter uma direção de pesquisa bem definida.

Russel e Norvig (2013), indicam que a IA pode ser categorizada em: “pensar como humano”, “pensar racionalmente”, “agir como humano” e “agir racionalmente”. O Quadro (1) apresenta tais tipos, note que oito definições podem ocorrer pois a aplicação pode ter um tipo para o pensar e outro para o agir.

**Quadro 1 - Tipos Individuais da IA**

<b>Pensando como um humano</b>	<b>Pensando racionalmente</b>
<p>O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) máquinas com mentes, no sentido total e literal.</p> <p>[Automatização de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado ...</p>	<p>O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais.</p> <p>O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir.</p>
<b>Agindo como seres humanos</b>	<b>Agindo racionalmente</b>
<p>A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas”</p> <p>“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas pelas pessoas”</p>	<p>Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes</p> <p>AI... está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos</p>

Fonte: Adaptado de (RUSSEL & NORVIG, 2013, p.25)

A seguir, conforme Russel e Norvig (2013), um detalhamento sobre esses tipos:

- **AGINDO DE FORMA HUMANA** - Para que um software seja considerado eficaz em agir de uma forma considerada humana, este deve passar pelo teste de Turing (apresentado por Allan Turing em 1950) onde o computador é submetido a diversos questionamentos feitos por um humano e, no caso, quem pergunta não saiba se quem está respondendo é uma máquina ou uma pessoa, o software foi bem sucedido nesse teste. Para que isso seja possível, o computador precisa ter a capacidade de processar linguagem natural, representação de conhecimento, raciocínio automatizado e o aprendizado de máquina.
- **PENSANDO DE FORMA HUMANA** - Para considerar que uma máquina possa pensar de forma humana, primeiramente é necessário entender como a nossa mente funciona. Essas informações podem ser obtidas através de imagens cerebrais captadas com o cérebro em atividade, observando ações de uma pessoa ou tentativas de captar pensamentos quando são gerados. Porém, devido à complexidade da mente humana, não se consegue saber por completo como o cérebro funciona. Supõe-se que apenas quando existir uma teoria mais precisa sobre o assunto, seja possível criar um software para ser comparado e avaliar as presumíveis semelhanças entre eles.
- **PENSANDO DE FORMA RACIONAL** - Com a frase de Aristóteles “Sócrates é um homem; todos os homens são mortais; então, Sócrates é mortal”, iniciou-se o campo de estudo da lógica. A IA baseou-se nesses tipos de premissas para tentar alcançar um raciocínio lógico e obter respostas (por exemplo, através da linguagem PROLOG) mas, caso o software não tenha uma resposta programada dentro sua lógica, este cai em um loop infinito. Essa conduta da IA enfrenta dois problemas principais: a dificuldade em traduzir nosso conhecimento e informação em uma linguagem lógica, de modo que o computador a interprete e o fato de que, apesar do computador, teoricamente, ter capacidade de resolver um problema proposto, não significa que ele tenha recursos computacionais suficientes para fazê-lo, haja vista que um problema, com centenas de informações - o que é consideravelmente pequeno - pode levar um tempo inviável até ser resolvido.
- **AGINDO DE FORMA RACIONAL** - Para um agente ser eficiente é necessário que ele perceba seu ambiente, armazene-o em sua memória por um longo período de tempo e consiga se adaptar a possíveis mudanças ambientais. Um agente é um tipo de entidade que funciona de forma autônoma e contínua em um determinado ambiente. Um agente racional age para sempre alcançar o melhor resultado concebível ou, se existem incertezas em seus cálculos, encontrar o melhor resultado esperado. Para um agente racional, seguir inferências consideradas corretas faz parte do seu processo lógico de tomada de decisão que o fará alcançar a meta

pretendida e, assim, realizar a ação conforme o que ele concluiu. Em alguns casos pode ser que não existam ações corretas a se tomar; porém, mesmo assim, alguma decisão deve ser tomada pelo agente e esta, deve ser a melhor possível.

Conforme os estudos apresentados, a área da IA tem apresentado resultados com o aprendizado de máquina, caminhando para o quadro em que os softwares estão aprendendo a agir e/ou pensar racionalmente; no qual, os softwares são treinados para alcançar maior eficiência na resolução de problemas. A inteligência de máquina pode se relacionar aos quadros de pensar racionalmente e agir de forma humanóide por exemplo; nos quais, as máquinas podem tomar decisões que nós tomaríamos; todavia, sempre de forma mais lógica. Já as máquinas conscientes agiriam e pensariam do mesmo modo que os humanos, podendo aprender por conta própria e discernir as ações que devem ser tomadas - da mesma forma que nós - ainda que estas não sejam as mais corretas do ponto de vista ético ou lógico.

## 2.2. SISTEMAS CRÍTICOS

Segundo Sommerville (2007), um sistema pode ser considerado crítico quando este, por acaso, apresentar algum tipo de falha ou defeito que possa causar ameaça à vida humana, danos físicos ou grandes perdas financeiras como, por exemplo, sistemas de UTI, bolsa de valores, bancos e carros autônomos. O mesmo autor divide os sistemas críticos em três tipos, detalhando-os um pouco melhor na 9ª edição do seu livro, em 2011:

- **DE SEGURANÇA** - São sistemas, nos quais, ainda que ocorra uma falha, esta não cause nenhum tipo de dano pessoal ou ambiental. Tais sistemas são consideravelmente simples de implementar e analisar; porém, difíceis de serem controlados já que, atualmente, possuem um nível de complexidade muito alto e apenas o hardware não basta. Devido a essa complexidade, o controle de software é de extrema importância. Esse tipo de software é dividido em duas classes distintas: 1) Segurança primária: Trata-se de um software embutido (sistema microprocessado com um computador completamente encapsulado ou dedicado ao sistema que ele controla, realizando um conjunto de tarefas predefinidas) com um controlador ligado a um sistema. Se ocorrer mau funcionamento deste sistema o hardware pode ser afetado e causar danos a pessoas como, por exemplo, o marcapasso cardíaco. 2) Segurança secundária: Essa classe de software pode causar um dano imediato, ainda que, no momento, seja imperceptível. Por exemplo: um sistema de engenharia que possua um computador auxiliar em

que ocorra mau funcionamento, pode resultar em um defeito em projeto e causar danos a pessoas.

- **DE NEGÓCIO** - São sistemas em que uma falha pode gerar grandes perdas econômicas. Esses softwares geralmente pertencem a grandes organizações que investem muito no seu desenvolvimento por serem totalmente dependentes dele ; além do que, esses sistemas precisam ser atualizados para acompanhar as mudanças no mercado o que, no decorrer dos anos os transforma em softwares legado tornando, assim, financeiramente inviável reprojeter um sistema desde o início. Exemplos desse tipo de softwares são os sistemas de contabilidade e bancários.
- **DE MISSÃO** - São o tipo de sistema em que falhas podem causar problemas em atividades relacionadas a metas. Estes softwares precisam de um bom planejamento e estudos para atingirem os comportamentos e metas esperadas. Geralmente, as falhas nesses sistemas ocorrem quando os empregadores pressionam por prazos e, assim ocorre falsificação de registros de validação de segurança. O sistema de navegação de uma aeronave é exemplo desse tipo de software.

Sommerville (2007) mostra também, que um sistema considerado crítico tem, por principal característica, a confiança e esta, pode ser dividida em quatro dimensões e quatro propriedades, conforme discutidas abaixo:

- **DISPONIBILIDADE:** Em um sistema significa as chances de permanecer em estado ativo e funcionando de forma a fornecer seus serviços aos usuários.
- **CONFIABILIDADE:** São as chances do sistema de prestar seus serviços de forma correta durante um determinado período.
- **SEGURANÇA:** São as chances do sistema de causar danos a pessoas ou ao ambiente.
- **PROTEÇÃO:** São as chances do sistema de resistir a ataques, invasões acidentais ou propositalis. Essa qualidade é crucial para sistemas de informações de pacientes já que guardam dados sensíveis.

As quatro propriedades principais, quando se trata do requisito confiança, são:

- **REPARABILIDADE:** Caso o sistema falhe, se faz necessário fácil e rápida manutenção, de modo a minimizar, ao máximo, os danos causados. Para isso, é necessário que o sistema seja diagnosticável, e permita as alterações pertinentes.

- **MANUTENIBILIDADE:** Com o decorrer do tempo os sistemas vão adquirindo novas funcionalidades, e isso significa que ele precisa de manutenção para adaptar-se aos novos requisitos.
- **CAPACIDADE DE SOBREVIVÊNCIA:** É a capacidade do sistema de manter seus serviços disponíveis, enquanto parte de seu sistema estiver desabilitado, por conta de falhas ou ataques a ele.
- **TOLERÂNCIA A ERROS:** Quando se trata da confiança, o sistema precisa detectar os erros que estão ocorrendo e corrigi-los, de forma automática, sempre que for possível ou, solicitar ao usuário, que o faça.

Atentando às características dos sistemas considerados críticos apresentadas, é possível verificar a suma importância de cumprir cada um dos requisitos. Além de não poder causar nenhum prejuízo financeiro, nenhum risco à vida humana ou ao meio ambiente, a ética ao usuário/organização deve ser respeitada. Além disso, muitos sistemas críticos lidam com dados sensíveis do usuário e, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)<sup>1</sup> reforça que estes não devem ser expostos sem autorização do usuário. Vê-se, ainda uma vez, a referida importância, já que os sistemas devem respeitar a legislação, além de evoluir constantemente junto ao mercado de trabalho e às novas descobertas no seu setor.

### 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada com abordagem qualitativa, cujo produto resultante foi um levantamento de como a IA está sendo utilizada nos softwares, particularmente nos Sistemas Críticos. Realizou-se pesquisa exploratória bibliográfica seguindo o protocolo de Revisão Sistemática de Literatura (RSL), baseado em Biolchini et al. (2005) e Kitchenham & Charters (2007), que possui as seguintes etapas:

1. **Definição do problema de pesquisa:** Como a Inteligência Artificial está sendo utilizada em Sistemas Críticos?
2. **Definição das palavras-chave:** Partindo-se da problemática, foram escolhidas as seguintes palavras-chave na língua portuguesa: "Inteligência Artificial", "Sistemas Críticos",

---

<sup>1</sup> Site Oficial disponível em <<https://www.lgpdbrasil.com.br/>>. Acesso em: 11.2020.

"Automatização", "Aprendizado de Máquina", "Falhas" e, para a língua inglesa, as palavras-chave: "Artificial intelligence", "Critical Systems" "Machine Learning".

3. **Seleção das fontes de dados:** IEEE, periódicos da CAPES e ACM Digital Library. O Google Academics também foi utilizado para compreender a relevância dos resultados das pesquisas encontradas, através da quantidade de citações, assim bem como a ACM Digital Library por possuir o mesmo recurso.

4. **Critérios de inclusão e de exclusão:** Trabalhos publicados entre 2009 e 2020, priorizando artigos relacionados ao tema, escritos em português ou inglês, contendo ao menos uma das palavras-chave definidas e disponibilizados à leitura completa e sem custos . Os trabalhos não podem estar duplicados nem serem classificados como cursos, tutoriais, workshops e afins.

5. **Procedimentos de seleção:** Os artigos foram selecionados após a análise dos títulos e resumos, de modo a comprovar sua relação com o tema desta pesquisa.

6. **Análise:** A importância da participação de todos os autores foi destacada, considerando todas as possíveis fontes de erro (bias), que poderiam comprometer a relevância do estudo em análise.

7. **Extração e apresentação dos resultados:** foi realizada análise qualitativa com enfoque descritivo sobre todos os estudos primários, visando satisfazer o problema de pesquisa proposto.

#### 4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS APLICAÇÕES

A Inteligência Artificial ganhou espaço na área da educação através das plataformas adaptativas. São plataformas de estudo que fornecem trilhas de aprendizado individualizadas, segundo o conhecimento prévio do usuário que as utiliza. Cada tipo de uso que a plataforma registrar, a experiência será analisada e um percurso, específico para o usuário, será proposto. Isso é possível devido ao mapeamento realizado da área de conhecimento escolhida e a relação entre os conteúdos envolvidos (Geekie, 2018).

Uma plataforma adaptativa, integrada à sala de aula, pode oferecer aos professores diversos relatórios, possibilitando-lhes acompanhar o desenvolvimento do aluno ou turma em determinados assuntos, de modo a identificar se os estudantes estão próximos, ou não, dos objetivos programados pelos docentes para determinado período (bimestre, semana, semestre e etc.). Caso os professores identifiquem algum interesse ou dificuldade do discente, podem

propor uma nova trilha de desafios ou apoio. O professor precisa ter um bom conhecimento da plataforma pois será responsável de integrar a tecnologia ao sistema educacional da instituição; então, é preciso saber retirar dados para planejamento de atividades e avaliações (Geekie, 2018).

Em se tratando de segurança, a IA se faz presente em diversas situações. Em investigações de homicídios existem casos do acusado ter álibi quase irrefutável; porém, com o cruzamento de dados otimizado pela IA, é possível descobrir o quão próximo o indivíduo está do caso, assim bem como os demais acusados (Gillion, 2018).

Em aeroportos internacionais, são milhares de pessoas chegando e saindo o tempo todo, o que amplia as possibilidades de violação da segurança. Com o uso de algoritmos, é possível avaliar a lista de passageiros que chegam ou se algum dos tripulantes já ofereceu algum tipo de risco à sociedade; podendo também ser realizadas análises otimizadas comportamentais com o auxílio de autoridades. Além da proteção extra fornecida aos passageiros e funcionários, há redução de tempo de espera nas linhas de segurança desses locais (Gillion, 2018).

No crime organizado e terrorismo a IA pode ser capaz de escanear milhares de registros financeiros e indicar transações suspeitas de lavagem de dinheiro por organizações duvidosas relacionando-as a crimes organizados em geral. O sistema pode ser ajustado para procurar atividades suspeitas com base em casos anteriores similares, assim como identificar regiões e bancos mais utilizados para realizar fraudes (Gillion, 2018).

Sistemas de reconhecimento facial já começaram a ser usados como um todo. Existem formas de autenticar usuários para obterem acesso a certas plataformas que realizam transações financeiras. Em sistemas aeroportuários já é um tipo de tecnologia bem presente. O facebook por exemplo, já utiliza tecnologia de reconhecimento facial para marcações em fotos que também podem ser utilizadas em investigações policiais, se necessário (Gillion, 2018).

Câmeras de segurança inteligentes estão sendo instaladas em rodovias para registrar os números das placas e outras informações dos veículos, contribuindo para reduzir a quantidade de roubos, além de ser possível identificar pontos falhos na infraestrutura das estradas (Gillion, 2018).

Cartões de proximidade já podem guardar informações do usuário como níveis de acesso, horários de entradas e saídas do local, privilégios que o usuário possui e etc.. Esse tipo de dispositivo é muito útil em áreas restritas de segurança para manter os registros de entradas e saídas dos locais (Gillion, 2018).

A Inteligência Artificial também está sendo utilizada com o objetivo de identificar e combater diversas situações de risco, como em estradas, cruzando históricos de ocorrências em uma região alertando os motoristas; ou análise de doenças graves, como o câncer, quando os softwares mapeiam nódulos pulmonares e avisam os médicos e pacientes do risco dos nódulos se desenvolverem em tumores (Gillion, 2018).

Na saúde, assim como em outras áreas, a inteligência artificial busca automatizar os processos do dia a dia, tanto em atividades lógicas e técnicas quanto na criação de novas tecnologias. É possível, por exemplo, verificar o histórico do paciente com muito mais agilidade e adicionar novas informações a ele; o mesmo conceito é aplicado em prontuários médicos (Totvs, 2020).

Já existem softwares que fazem busca por doenças, a partir dos sintomas apresentados pelo paciente em seu histórico, acelerando o diagnóstico e otimizando o tempo gasto em consultas e exames. Caso uma doença seja identificada e o paciente tenha sido internado, existem sistemas que monitoram a saúde física e mental do paciente e, caso alguma alteração preocupante aconteça durante esse monitoramento, são enviadas notificações, de forma instantânea, para os médicos do local (Totvs, 2020).

Há casos em que a IA, usada junto aos estudos genéticos, torna possível identificar doenças, com antecipação e precisão, para tratá-las antes mesmo de apresentarem os sintomas, mapeando padrões que essas doenças possuem, sendo assim mais eficaz, aumentando as chances de sucesso (Totvs, 2020).

Ocorrem um crescente número de procedimentos médicos, como cirurgias, dirigidos com uso de robôs, criados exclusivamente para esse tipo de função, já que são softwares de altíssima criticidade. Caso fossem projetados para outras atividades, trariam novas variáveis em seu algoritmo, que não seriam relevantes para o procedimento, ou que poderiam afetar de forma indesejada sua lógica de raciocínio (Totvs, 2020).

## **5. SISTEMAS CRÍTICOS BASEADOS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Realizou-se uma pesquisa para analisar as técnicas e áreas da Inteligência Artificial desenvolvidas em sistemas, que podem ser considerados críticos, nos últimos anos, para verificar os riscos ou benefícios trazidos por essa evolução. Após o levantamento dos dados, estes foram organizados por ano.

No ano de 2018 nota-se que as pesquisas estavam voltadas para o desenvolvimento de automóveis autônomos, como por exemplo:

- **CAMINHÕES CONSEGUEM FAZER ROTAS PRÉ-PROGRAMADAS SEM MOTORISTAS:** O peso desses caminhões foram um dos fatores que limitaram o controle porque a distância de frenagem se torna bem maior se comparada à utilizada por carros comuns; além de reduzir a agilidade para desviar de obstáculos, se necessário. Este tipo de projeto sofre com as limitações jurídicas ao utilizar rodovias públicas, pois aumentam as chances de possíveis acidentes. A principal técnica de IA usada foi o aprendizado de máquina, junto ao reconhecimento visual, para analisar as pistas por onde os veículos transitam (Gaspar, 2018).
- **TESLA DESENVOLVE NOVO CHIP COM IA:** A fabricante de carros Tesla desenvolveu um chip de inteligência artificial customizado, próprio para os seus carros autônomos realizarem o processamento do seu recurso de direção autônoma, conhecido como Autopilot. Ele tem a capacidade de processar 2.000 quadros por segundo, uma grande melhoria comparado com os 200 FPS (Frames por segundo) da GPU da Nvidia, utilizada anteriormente (Felipe, 2018).

Em 2019, percebe-se que a área da saúde teve um avanço com novas tecnologias:

- **CRIAÇÃO DE ROBÔS QUE PODEM GUIAR CIRURGIÕES:** Através de análises pré-operatórias, o software consegue guiar o cirurgião durante todo o tempo, o que leva a uma redução de aproximadamente 21% no período de internação do paciente. Esse tipo de cirurgia é considerada como “minimamente invasiva”, fazendo incisões e reduzindo o tempo de recuperação de um paciente. Através da IA, o software pode utilizar dados de procedimentos anteriores para sugerir aos profissionais novas técnicas. Um estudo envolveu 379 pacientes que realizaram cirurgias ortopédicas; constatou-se que o procedimento reduziu, em cinco vezes, as complicações em comparação às cirurgias convencionais (Data Science Academy, 2020).
- **CRIAÇÃO DE UM APARELHO AUDITIVO AVANÇADO:** Ele envia notificações para um celular cadastrado, se a pessoa sofrer de uma queda e o aviso é cancelado, caso ela levante com certa velocidade. O dispositivo pode traduzir, de forma rápida, uma conversa em 27 línguas em texto e áudio. Pode também se conectar a um aplicativo para monitorar a saúde

física e mental do usuário. O processador que acompanha o produto pode melhorar sons, com a redução de ruídos. O aparelho pode ser programado de forma remota, evitando que o usuário precise se deslocar para uma clínica (Tecmundo, 04, 2019).

Em 2020, devido à pandemia do Covid-19, a evolução da IA se deu em prol da necessidade de manter o distanciamento social, dos estudos sobre o Covid-19 e dos processos de diagnóstico.

- **CRIAÇÃO DE UM ACERVO DIGITAL SOBRE O COVID-19:** Uma Inteligência Artificial busca analisar cerca de 29 mil artigos sobre o Coronavírus. Todos os questionamentos sobre a doença foram reunidos e publicados no Kaggle, uma comunidade de aprendizado de máquina. A plataforma denominada de Covid-19 agrupa todos os dados de pesquisa aberta sobre o vírus. Estes foram disponibilizados no SemanticScholar, que é um mecanismo sem fins lucrativos para pesquisas de cunho acadêmico(o). A cada novo estudo publicado sobre o assunto, a coleção de dados é atualizada (Szafran, 2020).
- **PROJETOS PARA PRÉ-DIAGNOSTICAR PACIENTES COM SUSPEITA DE CORONAVÍRUS:** Vinculados ao ICMC (Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação), projetos estão sendo desenvolvidos, com o objetivo de orientar a população a respeito dos sintomas do Coronavírus, evitando assim, lotação dos prontos-socorros que pode ser originada a partir do pânico. Chatbots ou robôs, são utilizados para sanar dúvidas sobre sintomas da doença pelo WhatsApp, evitando o deslocamento até um hospital, diminuindo as chances de contágio (Tunes, 2020).
- **PRÉ-DIAGNÓSTICOS PARA O COVID-19 COM AUXÍLIO DA IA:** Chiavegatto (pesquisador) e sua equipe, desejavam realizar uma previsão confiável por meio de técnicas de IA, utilizando apenas informações que já são coletadas dos pacientes em procedimentos de rotina nos hospitais. Foi realizado um teste, e coletado os resultados, com cerca de 230 pacientes adultos, todos com suspeita do vírus, em São Paulo, entre os dias 17 e 30 de março. 102 destes pacientes tiveram diagnóstico positivo para a doença. Os cientistas usaram 70% dos dados desses pacientes diagnosticados para treinar o software, em seguida puseram o algoritmo para tentar prever o diagnóstico dos outros 30%. A quantidade de acerto foi de 78% para positivos e 77% para os negativos (Escobar, 2020).
- **ASSISTENTE DE DISTÂNCIA DA AMAZON:** O projeto é um sistema de câmeras, conectadas entre si, que identificam e diferenciam os arredores e calculam o espaço que existe entre os empregados nas instalações da empresa. O monitoramento é realizado a partir de telas distribuídas por todo o local. É possível verificar o espaço que os funcionários percorreram em

tempo real. O sistema calcula a distância considerada segura (um metro e meio) entre os empregados e emitem alerta caso distância seja infringida (Nogueira, 2020).

- **UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO INTELIGENTE:** A empresa Transportes Metropolitanos de Barcelona (TMB) testou um sistema de ventilação integrado com IA buscando maximizar a ventilação de ar fresco no local, e regular, em tempo real, a temperatura e umidade. A plataforma utiliza um algoritmo que cruza os dados atuais do ambiente com previsões do tempo, níveis de ocupação do local e qualquer outra informação considerada relevante e confiável outras fontes. Desta forma, é possível prever as condições atuais nas estações de metrô e, assim, programar como cada ventilador deve se comportar para regular o consumo de energia e a temperatura. Também será possível liberar a quantidade de ar fresco dentro das estações. Com a circulação do ar, aumenta-se a higiene e reduz –se o risco de proliferação do coronavírus dentre outros microorganismos (Rolfini, 2020).

Apesar da IA estar contribuindo para melhorar o desempenho de Sistemas Críticos, muitas falhas têm acontecido. Na sequência, uma série de eventos que demonstram esta afirmação.

- **KNIGHT CAPITAL PERDE MILHÕES DE DÓLARES:** O grupo perdeu cerca de 440 milhões de dólares por um erro nas negociações da empresa; o valor de suas ações sofreu uma redução de quase 50% na Bolsa de Valores, chegando. De acordo com a companhia, isso ocorreu devido a um bug durante a instalação de um software responsável pelas negociações, que enviou várias ordens de compra e venda à Bolsa de Nova York. A empresa declarou-o removido dos sistemas da empresa (Exame, 08, 2012).

- **GRANDE CONGESTIONAMENTO EM SÃO PAULO:** São Paulo mais que triplicou o índice de lentidão no trânsito, comparado a dias comuns. Houve trechos que registraram 8,7 quilômetros de lentidão, no total tiveram cerca de 78,1 km de vias congestionadas. Foi reportado por usuários do Waze que o aplicativo os direcionava às avenidas congestionadas como se fossem os trajetos mais favoráveis. A empresa responsável pelo aplicativo confirmou que houve uma falha em seu produto, mas que logo foi corrigido (Capelas, 2017).

- **ACIDENTE COM CARRO AUTÔNOMO:** Uma mulher no Arizona (Estados Unidos) faleceu após ter sido atropelada por um carro autônomo da empresa Uber. A empresa declarou ter suspenso todos os testes relacionado com essa tecnologia no Canadá. Apesar do veículo estar no modo autônomo, as autoridades locais estimam que o carro estava acima da velocidade permitida na via, além de não ter nenhuma comprovação de que o carro tentou frear para não colidir com a vítima (Carro autônomo da Uber atropela e mata mulher nos EUA, 2018).

- **CIRURGIA ASSISTIDA POR ROBÔS TEM COMPLICAÇÕES:** Em Los Angeles (Estados Unidos), uma paciente passou por um procedimento cirúrgico, assistido por robô, para tratar de sua endometriose e a cirurgia durou aproximadamente 11 horas. Cerca de duas semanas após o evento, Erin foi levada ao pronto-socorro e os médicos revelaram que o cólon e o reto da paciente haviam sido rasgados durante o procedimento realizado anteriormente. Ela foi internada por mais cinco semanas, passando por diversos procedimentos para reparar o dano (Rabin, 2013).

## 6. CONCLUSÃO

Considerando tudo que foi apresentado até o momento, percebe-se que a Inteligência Artificial, integrada aos Sistemas Críticos, consegue otimizar as funções e tomadas de decisão; consegue, ainda, evoluir e aprender de forma rápida - se possuir dados suficientes para isso - possibilitando o surgimento de novas técnicas e, habitualmente, reduzindo os riscos. Contudo, apesar da IA mostrar-se promissora, Santos et al (2020), mostra que o desenvolvimento dessa tecnologia está em seu estágio inicial, daí ser propícia a falhas como no exemplo supracitado, do carro autônomo que fez uma vítima. No ponto em que a tecnologia se encontra, uma linha que os Sistemas críticos e IA podem seguir juntos, é a de monitorar as entradas, processamentos e saídas de dados, analisando os comportamentos esperados pelo sistema. Assim, se o comportamento esperado for comprometido de alguma forma, o sistema emitirá um alerta ao seu operador e, ele sim, tomaria a decisão de como prosseguir. Dessa forma otimiza-se a análise de dados e retira-se a responsabilidade do usuário comandar um sistema complexo por inteiro, evitando possíveis erros causados por falha humana; mas também, sem relegar não deixando todas as decisões a um algoritmo; pois, nem sempre a decisão mais lógica é a mais correta, principalmente partindo de um ponto de vista ético.

Se for o caso de aprofundar os conhecimentos até aqui apresentados, creio ser possível obter uma noção ampla do que a IA pode fazer e quais são os riscos de sua implementação. Então, o ideal seria buscar os processos de aprendizagem de como a Inteligência Artificial é desenvolvida, oportunizando o aprimoramento de sua construção para contornar problemas e falhas, principalmente quando ela é integrada aos sistemas críticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bien, Z., Bang, W.-C., Kim, D.-Y., & Han, J.-S. (2002). Machine intelligence quotient: its measurements and applications. *Fuzzy Sets and Systems*, 127(1), 3–16. doi:10.1016/s0165-0114(01)00149-x
- Gamez, D. (2008). Progress in machine consciousness. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 887–910. doi:10.1016/j.concog.2007.04.005
- RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. 3. ed. [s.i]: Gen Ltc, 2013.
- SOMMERVILLE, Ian. *Engenharia de Software*. 8. ed. [s.i]: Addison Wesley, 2007.
- SOMMERVILLE, Ian, *Engenharia de Software*. 9. ed. Prentice Hall, 2011.
- PRESSMAN, R. S *Engenharia de Software - Uma abordagem Profissional - 7 ed.* 2011.
- PITEIRA, Martinha; APARICIO, Manuela; COSTA, Carlos J.. *A Ética na Inteligência Artificial: Desafios*. 2019. 6 f. TCC - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2019.
- INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA ENGENHARIA DE SOFTWARE. Itajaí: *Revista Eletrônica do Alto Vale Itajaí*, v. 2, n. 1, ago. 2013.
- MACEDO, Paulo Cesar de; CATINI, Rita de Cássia; CATINI NETO, Carlos. *SISTEMAS CRÍTICOS, UM GUIA PARA ELICITAÇÃO DE REQUISITOS DE SOFTWARE*. 2015. 15 f. TCC (Graduação) , Faculdade Santa Lúcia, Santa Lúcia, 2016.
- Santos, João Pedro Silva, et all. "Evolução da Inteligência Artificial." *Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*. Vol. 2. No. 11. 2020.
- RABIN, Roni. Apesar da revolução, cirurgias robóticas apresentam riscos. *O Tempo*, Belo Horizonte. 19/09/13. Saúde. Disponível em: <<https://cutt.ly/cgXz6bk>>. Acesso em 09/11/20.
- Carro autônomo da Uber atropela e mata mulher nos EUA. *G1*, 19/03/18. Carros. Disponível em: <<https://cutt.ly/UgXxlBX>>. Acesso em: 09/11/20.
- CAPELAS, Bruno. Com lentidão triplicada, São Paulo tem segunda-feira atípica. *Estadão*, São Paulo. 23/10/17. Disponível em: <<https://cutt.ly/dgXxnxM>>. Acesso em 09/11/20.
- Knight Capital perde US\$440 milhões por falha em robô. *Exame*, 02/08/2012. Mercados. Disponível em: <<https://cutt.ly/CgXxKiI>>. Acesso em: 09/11/20.

ROLFINI, Fabiana. Barcelona testa IA em metrô para impedir propagação do coronavírus. Olhar Digital. 07/07/20. Coronavírus. Disponível em: <<https://cutt.ly/agOmOMK>>. Acesso em 01/11/20.

NOGUEIRA, Luiz. Amazon utiliza inteligência artificial para monitorar distanciamento. Olhar Digital. 16/06/20. Coronavírus. Disponível em: <<https://cutt.ly/lgOmkAG>>. Acesso em 01/11/20.

ESCOBAR, Herton. Inteligência artificial pode prever diagnóstico de covid-19. Jornal da USP. 27/04/2020. Ciências. Disponível em: <<https://cutt.ly/agOmwbT>>. Acesso em 01/11/20.

TUNES, Suzel. Inteligência artificial contra a covid-19. Pesquisa FAPESP. 14/04/2020. Computação. Disponível em: <<https://cutt.ly/MgOnARk>>. Acesso em 01/11/20.

DATA SCIENCE ACADEMY. Datascienceacademy: 5 APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM MEDICINA. 2019. Inteligência Artificial em Medicina. Disponível em: <<http://datascienceacademy.com.br/blog/5-aplicacoes-de-inteligencia-artificial-em-medicina/>>. Acesso em: 01/11/20.

SZAFRAN, Vinicius. Inteligência artificial vai analisar 29 mil pesquisas sobre Covid-19 para encontrar respostas. Olhar Digital. 18/03/20. Coronavírus. Disponível em: <<https://cutt.ly/agOnguU>>. Acesso em 01/11/20.

Aparelho auditivo com IA detecta quedas, traduz 27 idiomas e toca música. Tecmundo, 12/04/2019. Produto. Disponível em: <<https://cutt.ly/MgXmtTa>>. Acesso em: 01/11/20.

FELIPE, Carlos. Tesla revela que desenvolveu seu próprio chip de IA para carros autônomos. Mundo Conectado. 03/08/18. Disponível em: <<https://cutt.ly/ggOche0>>. Acesso em 01/11/20.

GASPAR, Antônio. Caminhões Autônomos com Inteligência Artificial já estão trabalhando pelo mundo. Oficina Brasil. 19/012/18. Disponível em: <<https://cutt.ly/sgOciwf>>. Acesso em 01/11/20.

TOTVS. Totvs: Os benefícios da inteligência artificial na saúde. 2020. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/instituicoes-de-saude/inteligencia-artificial-na-saude/>>. Acesso em: 01/11/20.

GILLION. Gigasecurity: Inteligência artificial na segurança: fique por dentro das novidades do setor. Tecnologia. 2018. Disponível em: <<https://blog.gigasecurity.com.br/inteligencia-artificial-na-seguranca/>>. Acesso em: 01/11/20.

GEEKIE. Geekie: O que a Inteligência Artificial pode fazer pela educação?. 2018. Disponível em: <<https://site.geekie.com.br/blog/inteligencia-artificial-educacao/>>. Acesso em: 01/11/20.

**PARECER DA BANCA EXAMINADORA****1. PARECER DA BANCA EXAMINADORA**

( ) APROVADA      ( ) APROVADA COM RESSALVAS      ( ) REPROVADA

**Justificativas** □

**2. VISTO DO PROFESSOR AVALIADOR DA PROPOSTA**

Nome do Professor: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do Professor: \_\_\_\_\_