



# INTERNET DAS COISAS

## Arquiteturas Teóricas e Metodológicas



### Organizadores

Daniel Nascimento e Silva  
Vitor Bremgartner da Frota  
Alyson de Jesus dos Santos



Editora Poisson

Daniel Nascimento e Silva  
Vitor Bremgartner da Frota  
Alyson de Jesus dos Santos  
(Organizadores)

# Internet das Coisas

## Arquiteturas Teóricas e Metodológicas

1ª Edição

Belo Horizonte  
Editora Poisson  
2023

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
MSc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas  
MSc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia  
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

I61

Internet das Coisas: Arquiteturas Teóricas e  
Metodológicas/ Organizador: Daniel  
Nascimento e Silva, Vitor Bremgartner da  
Frota, Alyson de Jesus dos Santos – Belo  
Horizonte – MG: Editora Poisson, 2023

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-298-3

DOI: 10.36229/978-65-5866-298-3

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Tecnologia. I. SILVA,  
Daniel Nascimento e II. FROTA, Vitor  
Bremgartner da III. SANTOS, Alyson de Jesus  
dos IV. Título.

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

# Organizadores

**Daniel Nascimento e Silva:** Possui graduação em Administração pela Universidade Federal do Pará (1990), mestrado em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002) e pós-doutorado em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina (2019). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM). Tem experiência na área de Administração, com ênfase em gestão de organizações amazônicas, atuando principalmente nos seguintes temas: administração pública, estratégias organizacionais, administração estratégica, planejamento estratégico e alianças estratégicas; e na área de Educação, desenvolvendo estudos sobre aprendizagem, mecanismos cerebrais e os fundamentos de uma nova educação planetária.

**Vitor Bremgartner da Frota:** Professor de Informática no Instituto Federal do Amazonas (IFAM). Doutor em Informática na área de Inteligência Artificial Aplicada à Educação pela Universidade Federal do Amazonas (2017). Mestre em Informática na mesma área pela Universidade Federal do Amazonas (2012). Possui graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Federal do Amazonas (2009). Tem experiência na área de Sistemas Multiagente, Desenvolvimento de Software, Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Robótica Educacional, Internet das Coisas e Cultura Maker. Coordenador do primeiro curso de Especialização em Internet das Coisas pelo IFAM. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT) do IFAM e pesquisador do Polo de Inovação do IFAM (INOVA).

**Alyson de Jesus dos Santos:** Doutor em Engenharia Elétrica na COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2016), Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Amazonas (2011), graduação em Engenharia da Computação pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia (2003). É Professor do Ensino Básico Técnico Tecnológico (EBTT) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Amazonas (IFAM) - Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em comunicações móveis (Redes Veiculares e Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões, roteamento e mobilidade), Ciência de redes, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. Realizou Doutorado Sanduíche no Exterior (SWE/CNPq) no Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3i) - Université de La Rochelle - France (2015-2016).

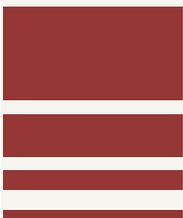
# Prefácio

As tecnologias de informações e comunicações vêm transformando completamente todas as realidades em todos os rincões planetários. Não seria exagero afirmar que elas estão remodelando ou reconstruindo o mundo. Se se comparar, por exemplo, romances futuristas do passado, como os de Júlio Verne, perceber-se-á que o cotidiano atual é muito mais ousado e desafiador. Essa constatação vale tanto para os inúmeros benefícios que a tecnologia tem proporcionado quanto, infelizmente, à capacidade humana de utilizá-la para fazer o mal. A Internet das Coisas é uma dessas tecnologias que caminha a passos largos e robustos com o intuito de dar uma pequena “parcela de vida” aos objetos. Se a frase inicial da divindade para a criação do mundo foi “fiat lux” (que haja luz), os cientistas têm procurado fazer com que cada objeto “vitam habere” (tenha vida).

A tecnologia, cada vez mais, tem florescido como produto dos conhecimentos científicos. E conhecimento científico se faz com a aplicação do método científico e com conhecimentos científicos recentes como matéria-prima. Todos os grandes cientistas procederem dessa forma e seus legados ainda podem ser utilizados até hoje. Mas esse proceder tem sido deixado de lado por algum motivo ainda desconhecido entre os estudantes e professores brasileiros de muitas formações profissionais que utilizam as tecnologias de informações e comunicações. Os cientistas criam arquiteturas mentais para em seguida testá-las empiricamente, mas o fazem a partir do levantamento da literatura recente e mediata. E quando o fazem, geralmente é distante dos estudantes ou sem o seu acompanhamento. Isso parece dar a impressão de que essas criações são frutos exclusivos de intuições, como se fossem uma espécie de autopsicografia. Mas isso é apenas impressão.

Este livro é fruto de exemplificações de como os cientistas procedem para fazer o levantamento da literatura e construir suas arquiteturas teóricas e, sem seguida, elaborar o esquema de testes de realidade, para aferir se elas são ou não consistentes e válidas, que são as arquiteturas teóricas. Os cientistas são brilhantes arquitetos. Eles arquitetam supostos comportamentos da realidade para gerar conhecimentos científicos de uma forma distinta de como arquitetam a materialização de artefatos físicos, as tecnologias. No campo da Internet das Coisas, essas duas arquiteturas estão incrivelmente interconectadas, de maneira que à medida que se avança na construção da arquitetura teórica, um passo altamente significativo é dado também na edificação da arquitetura metodológica, que nada mais é do que os procedimentos e materiais a serem utilizados na construção da tecnologia.

Ainda é muito comum que alunos e professores sejam flagrados copiando modelos criados em blogs e páginas pessoais de curiosos das tecnologias de informações e comunicações. Como essas fontes desconhecem e não seguem padrões científicos e tecnológicos, o tempo que se perde para acoplá-los a outros esquemas é extremamente grande. Se forem substituídos pelo que a ciência já sabe, a construção das arquiteturas não apenas é agilizada, mas também acopladas a um esforço maior, planetário, de se fazer avançar os conhecimentos de cada área, tanto na expansão de suas fronteiras quanto no preenchimento de lacunas existentes.



Assim, esta obra vem suprir uma grande carência ainda existente nos campos pedagógicos, científicos e tecnológicos da formação de profissionais e de cientistas em território brasileiro. Ela descreve seis tipos distintos e interconectados de arquiteturas teórico-metodológicas que costumeiramente são utilizadas pelos cientistas para produzirem conhecimentos e artefatos tecnológicos. Sua intenção é fazer avançar na qualidade dos profissionais formados nessas diferentes áreas quanto na qualidade da produção científica nacional e dos produtos tecnológicos dela oriundos. Não temos dúvidas de que o livro será um grande sucesso porque diversos cientistas e líderes de grupos de pesquisas esperam essa publicação para que possam utilizá-la no aprendizado e na produção tecnológica.

Este livro foi elaborado no contexto do primeiro curso de Especialização em Internet das Coisas no Instituto Federal do Amazonas Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM CMDI), iniciado em junho de 2021. Estávamos em um momento crucial de pandemia de Covid-19 e muitas aulas precisaram ser on-line. No entanto, o dinamismo dos docentes e a competência dos alunos partícipes foram decisivos para que o curso fosse um sucesso. Este curso foi apoiado pelo Projeto de P, D & I ARANOÚÁ, realizado pelo IFAM em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda. (SEDA), a quem somos muito gratos.

Manaus, Amazonas, junho de 2023.

*Daniel Nascimento e Silva*  
*Vitor Bremgartner da Frota*



## 1. INTRODUÇÃO

Entre os elementos que compõem o trânsito estão os semáforos, que são um tipo de instrumento comumente utilizado na emissão de sinais de controle de tráfego. A má distribuição desses semáforos e a má programação de intervalos dos sinais emitidos pelo equipamento são dois dos principais motivos de congestionamento de trânsito, como se pode constatar a partir dos estudos de Garcia (2020) e Santos, Gusmão e Coelho (2019). Com a evolução da tecnologia da informação e da computação, a Inteligência Artificial (IA) pode ser utilizada como uma maneira de criar controle sobre a atuação dos semáforos no trânsito e melhorar a programação dos sinais omitidos pelos semáforos. A tecnologia IA pode ser uma solução eficaz para os problemas do trânsito, contribuindo para melhoria da mobilidade urbana e sustentabilidade no trânsito conforme apontam os estudos de Lee, Lai e Chen (2014), Cheong, Lim e Parthiban (2023), Karimov (2023) e Xia (2022). O uso da Inteligência Artificial no trânsito chama a atenção por sua aplicabilidade. Sua estrutura se constitui em uma modelagem, seguida de inserção de dados de monitoramento, análise e atualização dos dados monitorados.

O desenvolvimento deste trabalho segue a premissa de que a inteligência artificial aplicada no ITS (*Intelligent Transportation System*) é uma solução para otimização do tráfego entre a zona Norte e a zona Centro-Sul de Manaus, capital do estado do Amazonas. Observa-se que o tráfego pode ser otimizado, se alterada a programação de intervalos dos sinais emitidos pelos semáforos na confluência da Avenida Governador José Lindoso e a Rua Rio Preto, no bairro Aleixo, da cidade. Desta forma, este estudo tem como objetivo apresentar uma proposta de potencialização do fluxo de veículos na região através da aplicação de inteligência artificial.

## 2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ARQUITETURA TEÓRICA

A revisão da literatura apontou quatro agrupamentos semânticos das principais abordagens (neste estudo chamados de termos de equivalência) que sintetizam o que a ciência sabe sobre o que seja inteligência artificial. Os termos de equivalência representam os limites do conhecimento científico sobre determinado fenômeno. O primeiro grupo semântico foi denominado de aplicação. Essa denominação foi escolhida para mostrar que a inteligência artificial é uma forma de aplicação de saberes, conhecimentos e habilidades, enfim, o que o ser humano conhece e sabe fazer. O estudo de Bonfanti (2022) focaliza os agentes da aplicação dos conhecimentos, enquanto os de Tian (2022) e Allami, Nabhan e Jabbar (2022) demonstram explicitamente o sentido de colocar em prática aquilo que se sabe, que é o mesmo sentido que a pesquisa de Harto et al. (2021) confirma. Aplicação, portanto, é um agrupamento semântico que sintetiza os

esforços de vários cientistas no sentido de transformar esquemas lógicos conhecidos, oriundos da ciência, em tecnologias efetivas de inteligência artificial.

O segundo grupo semântico que a revisão da literatura mostrou correspondente à inteligência artificial foi mecanismo. Essa observação se dá pelo levantamento de dados de termos encontrados no levantamento bibliográfico e mostra que mecanismo é uma forma de combinação de processos e conhecimentos. O termo mecanismo é apontado por Khoeronsyah et al. (2022) e Rohman e Fauziah (2008) que definem a palavra como uma das ferramentas que fazem os computadores pensarem de forma inteligente. Outro termo semelhante a mecanismo e comumente encontrado na literatura é máquina, definida por Venturini (2021) e Pandey et al. (2022) como a capacidade de interpretar dados de forma similar ao pensamento humano. O mecanismo, portanto, também apresenta a capacidade de transformar computação e conhecimento em inteligência artificial. A tabela 1 mostra os diferentes termos de equivalência encontrado na revisão da literatura.

**Tabela 1.** Inteligência Artificial: termos de equivalência e grupos semânticos

Autores	Termos de Equivalência	Grupo Semântico
Bonfanti (2022)	Agentes	Aplicação
Tian (2022); Allami; Nabhan; Jabbar (2022)	Aplicação	
Harto et al. (2021)	Fazer	
Pandey et al. (2022); Venturini (2021)	Máquina	Mecanismo
Khoeronsyah et al. (2022); Rohman; Fauziah (2008)	Mecanismo	
Arwatchananukul et al. (2021)	Método	Método
Bahl (2020)	Ramo	
Silva (2018)	Segmento	
Evangelista (2020)	Área	
Pereira (2020)	Atividade	
Kaplan; Norton; Rugelsjoen (2010); Bonfanti (2022); Luger (2004)	Sistema	Sistema
Group SFR-IA; CERF (2018)	Tecnologia	

Fonte: dados coletados pelos autores.

Outro agrupamento semântico encontrado como termo equivalente à Inteligência artificial é método. Essa indicação foi escolhida para representar a capacidade de seguir um processo computadorizado, organizado, sistemático e matemático. O próprio termo método aparece no trabalho de Arwatchananukul (2021) como uma referência a cálculo inteligente, Bahl(2020) utiliza o termo ramo que tem similaridade próxima a método, e o define como uma parte da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de algoritmos, segmento também pertence ao grupo semântico de método e, é apresentada por (2018) como a ciência da computação que se refere às tecnologias e sistemas, já para Evangelista (2020) o termo utilizado é área, que refere-se a ciência da computação responsável por desenvolver computadores e sistemas inteligentes, outro termo próximo a método é atividade que foi apresentada por Pereira (2020) sendo uma conduta computacional que deve corresponder a uma conduta humana. Sendo assim, método, apresenta um esforço da comunidade acadêmica de transformar ciência computacional e algoritmos em inteligência artificial.

O quarto termo que corresponde à inteligência artificial é sistema. O sistema é uma combinação de elementos ou de conjunto de técnicas, habilidades. O vocábulo aparece nos trabalhos de Luger (2004), Kaplan et al (2010) e Bonfanti (2022) para definir IA, os

autores descrevem sistema como abordagens de aprendizado profundo e de máquina para executar uma determinada tarefa. Um termo de similaridade próxima a sistema é tecnologia que é apresentada por Group SFR-IA e CERF (2018) como processamento de dados. Dessa maneira, sistema é um agrupamento semântico que resume os esforços de dos cientistas citados, em representar o aprendizado de máquina e processamento de dados em elementos inteligência artificial.

Os atributos complementam os termos de equivalência e permitam a compreensão do estado da arte do conhecimento científico. Enquanto os termos de equivalência retratam as abordagens, os atributos revelam as características do fenômeno sob estudo, a inteligência artificial. Neste sentido, a literatura revisada trouxe alguns atributos para os termos de equivalência de Inteligência Artificial. O próprio termo Inteligência é o termo que teve tem mais frequente para definir um atributo de Inteligência Artificial. A denominação foi escolhida para representar a capacidade de uma máquina em pensar como ser humano. O vocábulo aparece nos estudos de Evangelista (2020), Tian (2022), Allami et al. (2022), Khoeronsyah et al. (2022), Pandey et al. (2022), Group SFR-IA e CERF (2018), Arwatchananukul et al. (2021), Bahl (2020), Rohman e Fauziah (2008), Kaplan, Norton e Rugelsjoen (2010) e Luger (2004). Neste caso, o termo traz a ideia de intelecto das máquinas, em oposição à inteligência dos humanos ou de outras espécies vivas. A inteligência é descrita pelos cientistas como uma breve representação de toda capacidade da Inteligência Artificial em se parecer com a de uma espécie animal.

Outro atributo presente nos estudos constantes nas bases científica de dados é a expressão computacional, conforme os estudos de Pereira (2020) e Silva (2018). Este é um atributo que faz menção a ciência da computação e às tecnologias em inteligência artificial. Mais um atributo que se relaciona a inteligência é o de interpretar os dados, conforme apresenta Venturini (2021). O termo computacional apresenta um esforço dos pesquisadores em resumir a relação dos cálculos sistematizados dos computadores com a capacidade humana de calcular de forma organizada. A tabela 2 sintetiza esses achados.

**Tabela 2.** Inteligência Artificial: atributos e grupos semânticos

Autores	Atributos	Grupo Semântico
Pereira (2020)	Computacional	Computação
Silva (2018)	Computação	
Venturini (2021)	Interpretação	Entendimento
Harto et al. (2021)	Aprendizagem	
Bonfanti (2022)	Artificiais	Inteligência
Khoeronsyah et al. (2022); Pandey et al. (2022); Arwatchananukul et al. (2021); Bahl (2020); Rohman; Fauziah (2008); Kaplan; Norton; Rugelsjoen (2010); Tian (2022); Evangelista (2020); Allami; Nabhan; Jabbar (2022)	Inteligência	
Group SFR-IA e CERF (2018)	Informação	

Fonte: dados coletados pelos autores.

O terceiro atributo encontrado como adjetivo de inteligência artificial é entendimento. O termo entendimento é a representação do agrupamento semântico de outros três termos. O primeiro termo do agrupamento semântico de entendimento é interpretação, que aparece no trabalho de Venturini (2021) como a capacidade da inteligência artificial de interpretar dados. O segundo termo do agrupamento semântico é aprendizagem que aparece no trabalho de Harto et al (2021) com a relação da

inteligência artificial aprender e ensinar o computador a fazer coisas como o que o humano quer ou poderia fazer. O terceiro termo do agrupamento semântico é artificial, apresentada por Bonfanti (2022) como abordagens de aprendizado profundo e de máquina para executar uma determinada tarefa. Entendimento, portanto, é mais um agrupamento semântico que resume o entendimento dos cientistas como tributo de inteligência artificial. Neste trabalho inteligência artificial será tomada como o mecanismo inteligente. Mecanismo corresponde a capacidade de manter o pensamento estruturado e corresponder a uma conduta humana, e através do processamento de dados torna-se capaz de escolher uma ação e executar uma determinada tarefa. E a inteligência refere-se ao atributo capaz deve assimilar os dados de forma similar ao pensamento humano.

### 3. ARQUITETURA METODOLÓGICA

Nos estudos de Kaupa (2013), Gomes (2020) e Venturini (2021), as etapas adotadas para a implementação de um sistema de inteligência artificial começa com a modelagem, onde é estabelecido o tipo de inteligência artificial e os métodos simbólicos, que os mecanismos utilizarão para efetuar transformações de símbolos, letras, números ou palavra. O segundo passo é a escolha do algoritmo, onde se cria a regra para executar as tarefas específicas, tal como o processamento de dados. O terceiro passo é a criação da base de dados, etapa no qual inserem-se os dados a serem estudados no software. Por fim, faz-se a análise de dados, onde é executada a relação dos valores das variáveis para a tomada de decisão. Vale ressaltar que os estudos de Ferreira (2019) e Barros Júnior (2014) mostram que a modelagem é equivalente à técnica de decisão, resultante dos elementos que compõem o sistema. Aliás, o uso de modelagem para a tomada de decisão é muito comum nos estudos científicos (ZHANG; XIAO, 2023; HANIFZADEH, 2022; HABIB et al., 2023; MA et al., 2023; . Com base nisso, estabeleceram-se as seguintes etapas para o processo de construção de sistemas de inteligência artificial.

**Tabela 3.** Inteligência Artificial - Etapas

Autores	Etapas
Kaupa (2013)	1. Modelagem 2. Inserção de bando de dados 3. Análise de dados
Gomes (2020)	1. Modelagem matemática 2. Definição de Software de simulação 3. Coleta dados 4. Análise de Dados
Ferreira (2019)	1. Escolha das técnicas de inteligência artificial 2. Definição de Algoritmo de aprendizagem 3. Inserção de banco Base de dados
Barros Junior (2014)	1. Montagem da árvore de decisão 2. Mineração de Dados 3. Análise de Similaridade
Venturini (2021)	1. Modelagem 2. Definição de Software para aplicação 3. Coleta de dados 4. Análise de dados

Fonte: dados coletados pelos autores.

Como mostram os dados contidos na tabela 3, o número de etapas obtidas no levantamento da literatura acerca da construção da inteligência artificial varia entre três

etapas, como nos estudos de Kaupa (2013), Ferreira (2019) e Barros Júnior (2014), e quatro, como nos de Gomes (2020) e Venturini (2021). A primeira etapa mais comum é a modelagem, apontada por Venturini (2021), Gomes (2020) e Kaupa (2013). A última etapa é a mais consensual, constituindo-se da análise de dados (KAUPA, 2013; GOMES, 2020; VENTURINI, 2021), análise de similaridade (BARROS JÚNIOR, 2014) e inserção de dados (FERREIRA, 2019). As fases intermediárias, ao que tudo indica, dão conta das especificidades da aplicação, o que pode explicar em parte a diferenciação verificada. Para este estudo, o método utilizado será constituído de quatro etapas: modelagem, escolha do algoritmo, inserção de dados na base e análise de dados na base. Vejamos cada uma delas de forma sintética.

### Primeira etapa: Modelagem

Modelagem é um conhecimento básico e fundamental da matemática, contendo lógica de programação, lógica de dados e análise de dados desenvolvida para solução de problemas (RODRIGUES, 2021; CITROHN, STOLPE; SVENSSON, 2023; AY, 2022; SEIJAS; USKOLA, 2022). É aqui que é definido o que se deve saber para se tornar um especialista em modelagem. Kaupa (2013) resume a modelagem como uma escolha de aplicação mais apropriada de acordo com aplicação. Por outro lado, o estudo de Barros (2014) mostra que a modelagem é uma árvore de decisão, ou seja, um mapa que relaciona possíveis resultados. Um exemplo de modelagem é uma escolha de tomadas de decisão para aplicação de técnicas de inteligência no processo decisório de empresas.

### Segunda etapa: Escolha do Algoritmo

O algoritmo é uma técnica onde é definida as etapas de um processo de aprendizagem ou de processamentos de dados. De acordo com (Venturini, 2021), a etapa do algoritmo é onde cria-se a regra que vai executar as tarefas específicas, tal como o processamento de dados. Uma aplicação da concepção de algoritmo em inteligência artificial é a criação de etapas, conforme o que é proposto por Ferreira (2019).

### Terceira etapa: Inserção de dados na base

A inserção de base dados refere-se ao adicionamento de informação em um software. Conforme Gomes (2020), a base de dados é a etapa na qual se inserem os dados a serem estudados no software. Para Kaupa (2013), a inserção de banco de dados é anexar os parâmetros de entrada no software ou algoritmo escolhido para a aplicação de inteligência artificial. Um exemplo é o anexo à incorporação de números em um software para análise de uma aplicação de investimento na bolsa de valores, como é demonstrado na pesquisa de Kaupa (2013).

### Quarta etapa: Análise de dados na base

Análise de dados é uma relação dos valores presentes na base dados com o algoritmo escolhido no qual toda informação é transformada em decisão. Considerando a descrição de Barros (2014), a análise de dados é como a relação dos valores das variáveis da tomada de decisão. Venturini (2021) entende que a análise de dados é a transformação de números e informações em tomadas de decisão. Um exemplo de análise de dados é a obtenção de identificação precoce de sinais de deterioração clínica de pacientes através de inteligência artificial, como apresentada no trabalho de Venturini (2021).

A inteligência artificial necessita seguir uma sequência lógica básica, em formato de arquitetura, para que possa ser materializada. Este trabalho propõe que essa arquitetura seja composta pelas etapas de modelagem, algoritmo, base de dados e análise

de dados. É essa sequência que se pretende utilizar para criar o mecanismo de controle de semáforos na capital amazonense. Uma das principais vantagens do uso tecnologia de inteligência artificial no controle de semáforos é que ela apresenta simplicidade na sua aplicação, ou seja, é de fácil emprego o monitoramento do trânsito, assim como a transformação do fluxo de automóveis em dados e, posteriormente, analisá-los permanentemente, com atualizações constantes. A atualização constante já é “responsabilidade” do mecanismo inteligente que se pretende criar e implementar.

## AGRADECIMENTOS

Este artigo é o resultado do projeto de PD&I ARANOÚÁ, realizado pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM) em parceria com a Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda., usando recursos da Lei Federal nº 8.387/1991, estando sua divulgação e publicidade em conformidade com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALLAMI, Faez Abdulhasan Jasim; NABHAN, Sadeq Hussein; JABBAR, Ali Khazaaal. A comparative study of measuring the accuracy of using artificial intelligence methods as an alternative to traditional methods of auditing. *World Economics and Finance Bulletin*, v. 9, p. 90-99, 2022.
- [2] ARWATCHANANUKUL, Sujitra et al. A case study in class user interface design of problem-based learning modeling (uidpbl). In: 2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering. IEEE, 2021. p. 364-367. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNC51128.2021.9425750>.
- [3] AY, Ilja. Social (in) equality through mathematical modelling? Results of a case study. In: Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME12). 2022.
- [4] BAHL, Manisha. Artificial intelligence: a primer for breast imaging radiologists. *Journal of Breast Imaging*, v. 2, n. 4, p. 304-314, 2020. <https://doi.org/10.1093/jbi/wbaa033>.
- [5] BARROS JUNIOR, Daniel Ferreira de. Aplicação de técnicas de inteligência computacional no apoio à decisão em jogo de empresas. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.
- [6] BONFANTI, Matteo E. Artificial intelligence and the offence-defence balance in cyber security. In: CAVELTY, Myriam Dunn; WENGER, Andreas. (Eds.). *Cyber security: socio-technological uncertainty and political fragmentation*. London: Routledge, 2022, p. 64-79.
- [7] CHEONG, Robin Chan Kuok; LIM, Joanne Mun-Yee; PARTHIBAN, Rajendran. Missing traffic data imputation for artificial intelligence in intelligent transportation systems: review of methods, limitations, and challenges. *IEEE Access*, v. 11, p. 34080-34093, 2023. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3264216>.
- [8] CITROHN, Björn; STOLPE, Karin; SVENSSON, Maria. The use of models and modelling in design projects in three different technology classrooms. *International journal of technology and design education*, v. 33, n. 1, p. 63-90, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09730-9>.
- [9] EVANGELISTA, João Rafael Gonçalves. Abordagem de inteligência de fontes abertas com mapas auto-organizáveis de kohonen e processamento de linguagem natural para execução automática de dorks. 2020. 155 f. Dissertação (Mestrado em Informática e Gestão do Conhecimento). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.
- [10] FERREIRA, Ricardo Pinto. Inteligência computacional na previsão do absentismo e identificação de tendências absenteadas. 2019. 200 f. Tese (Doutorado em Informática e Gestão do Conhecimento). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

- [11] GARCÍA, Nelson Murcia. Rede neural bio-inspirada para o controle dinâmico de múltiplas interseções. 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- [12] GOMES, Marcos Geraldo. Ganhos na eficiência econômica, ambiental e social com a implantação da inteligência artificial na operação de barragens: rumo aos princípios da indústria 4.0. 2020. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.
- [13] GROUP SFR-IA; CERF. Artificial intelligence and medical imaging 2018: French Radiology Community white paper. *Diagnostic and Interventional Imaging*, v. 99, n. 11, p. 727-742, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2018.10.003>.
- [14] HABIB, Joseph R. et al. Surgical Decision-making in pancreatic ductal adenocarcinoma: modeling prognosis following pancreatectomy in the era of induction and neoadjuvant chemotherapy. *Annals of surgery*, v. 277, n. 1, p. 151-158, 2023.
- [15] HANIFZADEH, Faezeh. A comprehensive model for determining the role of entrepreneurial decision-making in recognition and evaluation of opportunities: a meta-synthesis review. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, V. 12, 395–422 (2022). <https://doi.org/10.1007/s40497-022-00338-w>.
- [16] HARTO, Budi et al. Bibliometric analysis of transforming leadership education with artificial intelligence. In: *The 1ST Workshop on Writing Scientific Article for International Publication Indexed by Scopus*, 2022, p. 385-390. <https://doi.org/10.2478/9788366675827-067>.
- [17] KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P.; RUGELSHOEN, Bjarne. Managing alliances with the balanced scorecard. *Harvard business review*, v. 88, n. 1, p. 114-120, 2010.
- [18] KARIMOV, Asror. "Green wave" module for creating an artificial intelligence-based adaptive complex of road network permeability to improve road traffic safety. *International Bulletin of Engineering and Technology*, v. 3, n. 3, p. 108-127, 2023.
- [19] KAUPA, Paulo Henrique. Aplicação de técnicas da inteligência artificial na seleção de ações para investimento na bolsa de valores de São Paulo. 2013. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2013.
- [20] KHOERONSYAH, Aria et al. Chatbot design using artificial intelligence with natural language processing to increase customer satisfaction at MSME level. *Central Asia and the Caucasus*, v. 23, n. 1, p. 4159-4168, 2022.
- [21] LEE, Wei-Hsun; LAI, Yen-Chen; CHEN, Pei-Yin. A study on energy saving and CO2 emission reduction on signal countdown extension by vehicular ad hoc networks. *IEEE transactions on vehicular technology*, v. 64, n. 3, p. 890-900, 2014. <https://doi.org/10.1109/TVT.2014.2305761>.
- [22] LIU, Jianqi et al. Multi-lane detection by combining line anchor and feature shift for urban traffic management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 123, p. 106238, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106238>.
- [23] LUGER, George F. *Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- [24] MA, Xiaoyu et al. A linguistic information granulation model based on best-worst method in decision making problems. *Information Fusion*, v. 89, p. 210-227, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.08.015>.
- [25] PANDEY, Manish et al. Artificial intelligence in healthcare: diabetic retinopathy. In: GUPTA, Deepak et al. (Eds.). *Proceedings of data analytics and management*. Singapore: Springer, 2022. p. 459-466.
- [26] PEREIRA, Thiago Pedrosa. A legalidade e efetividade dos atos judiciais realizados por inteligência artificial. 2020. 122 f. Dissertação (Mestrado em Direito). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2020.
- [27] RODRIGUES, Geraldo Luiz Veiga; SANTOS JÚNIOR, Fábio Roberto dos. *Uso de dados aliados a micro e pequenas empresas pós-covid-19: uma aplicação da análise verbal de decisão e cocriação B2B*. 2021. 70 f. Monografia (Especialização em Big Data Estratégico). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- [28] ROHMAN, Feri Fahrur; FAUZIYAH, Ami. Rancang bangun aplikasi sistem pakar untuk menentukan jenis gangguan perkembangan pada anak. *Media informatika*, v. 6, n. 1, 2008.

- [29] SANTOS, Jairo Norberto; GUSMÃO, Mírian Sandra; COELHO, Clarimar José. Reconhecimento de Congestionamento de Veículos em Semáforos Empregando Análise de Componentes Principais. *Revista Arithmos-Revista da Escola de Ciências Exatas e da Computação*, v. 1, n. 1, p. 54-60, 2019. <https://doi.org/10.18224/arithmos.v1i1.6950>.
- [30] SEIJAS, Nahia; USKOLA, Aritz. Revision and manipulation of physical models as tools for developing the aquifer model by Preservice Elementary Teachers. *International Journal of Science Education*, v. 44, n. 11, p. 1715-1737, 2022. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2095453>.
- [31] SILVA, Antonio Donizete Ferreira da. Processo judicial eletrônico e a informática jurídica: um olhar para o uso da inteligência artificial como ferramenta de eficiência na prestação jurisdicional. 2018. 133 f. Dissertação (Mestrado em Direito). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2018.
- [32] TIAN, Hua. Application and analysis of artificial intelligence graphic element algorithm in digital media art design. *Mobile Information Systems*, v. 2022, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6946616>. VENTURINI, Glória de Fátima Pereira. Inteligência artificial em gestão de operações de saúde: avanços para identificação precoce de sinais de deterioração clínica de pacientes. 2021. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2021.
- [33] XIA, Li. Basic data analysis of smart city traffic planning based on ArcGIS. In: In: JANSEN, B. J.; ZHOU, Q.; YE, J. (Eds). *Proceedings of the 2nd International Conference on Cognitive Based Information Processing and Applications (CIPA 2022)*. CIPA 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, Singapore: Springer, 2022, v. 155. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-9373-2\\_31](https://doi.org/10.1007/978-981-19-9373-2_31).
- [34] WYSOCKI, Oskar et al. Assessing the communication gap between AI models and healthcare professionals: explainability, utility and trust in AI-driven clinical decision-making. *Artificial Intelligence*, v. 316, p. 103839, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2022.103839>.
- [35] ZHANG, Shengjia; XIAO, Fuyuan. A TFN-based uncertainty modeling method in complex evidence theory for decision making. *Information Sciences*, v. 619, p. 193-207, 20