

# CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO: PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

VOLUME IV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Ciência da computação: princípios fundamentais

1ª ed.

Piracanjuba-GO  
Editora Conhecimento Livre  
Piracanjuba-GO

1ª ed.

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

Barbosa, Frederico Celestino  
B238C    Ciência da computação: princípios fundamentais

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

117 f.: il

**DOI:** 10.37423/2021.edcl283

**ISBN:** 978-65-89955-28-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. tecnologia 2. informática 3. codificação 4. sistemas I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 4

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl283>

**O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.**

# EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

## Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>6</b>
INFERÊNCIA BASEADA EM REGRAS DE PRODUÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DA ANEMIA	
Rafael Santos Gouveia	
Thiago Maia da Rocha	
Deisiany Santos Bezerra	
Alan Marcel Fernandes de Souza	
Polyana Santos Fonseca Nascimento	
<b>DOI 10.37423/210704428</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>24</b>
DESAFIOS DA GESTÃO DE UMA CRECHE NO USO PEDAGÓGICO DAS TDIC E ALINHAMENTO COM A BNCC	
A. C. M. Cunha	
Flávia Luíza de Lira	
<b>DOI 10.37423/210704443</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>39</b>
UM FRAMEWORK DE BIG DATA PARA PROMOÇÃO DA E-CIÊNCIA NA SAÚDE	
Adriana Benício Galvão	
<b>DOI 10.37423/210704444</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>46</b>
AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DO PROTOCOLO DE ROTEAMENTO RPL COM CENÁRIOS DE PERDAS DE NÓS NA REDE.	
Frederico de Oliveira Sales	
Yelco Marante	
Alex Borges	
Edelberto Franco	
<b>DOI 10.37423/210704455</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
JOGOS DIGITAIS COMO ESTRATÉGIA PARA DESENVOLVER O PENSAMENTO COMPUTACIONAL NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Valéria Maria dos Santos Silva	
Juliana Regueira Basto Diniz	
Sonia Virginia Alves França	
<b>DOI 10.37423/210704456</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 71**

ROBÓTICA EDUCACIONAL E PENSAMENTO COMPUTACIONAL: AVALIANDO A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS

Elizabet M. Spohr de Medeiros

Kely D. V. Villacorta

Cristhyan A. Cruz

João Victor A. Araújo

Ana Beatriz T. B. Dornelles

Lorena C. L. Buriti

**DOI 10.37423/210704463**

**CAPÍTULO 7 ..... 81**

GERENCIAMENTO DE ROTAS DE DRONES UTILIZANDO AMBIENTES VIRTUAIS

José Augusto Monteiro Sobrinho

Batista Dala Catumba

Pedro Fellipe Lima Brandão

Vandilberto Pereira Pinto

**DOI 10.37423/210704481**

**CAPÍTULO 8 ..... 102**

ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE ALGORITMOS CRIPTOGRÁFICOS SIMÉTRICOS

EMBARCADOS NA PLATAFORMA ARDUINO

OCTAVIO VIEIRA DE AGUIAR

JOÃO VICTOR GUINELLI

NILSON MORI LAZARIN

**DOI 10.37423/210704488**

# Capítulo 1



10.37423/210704428

## INFERÊNCIA BASEADA EM REGRAS DE PRODUÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DA ANEMIA

*Rafael Santos Gouveia*

*Centro Universitário do Estado do Pará*

*Thiago Maia da Rocha*

*Centro Universitário do Estado do Pará*

*Deisiany Santos Bezerra*

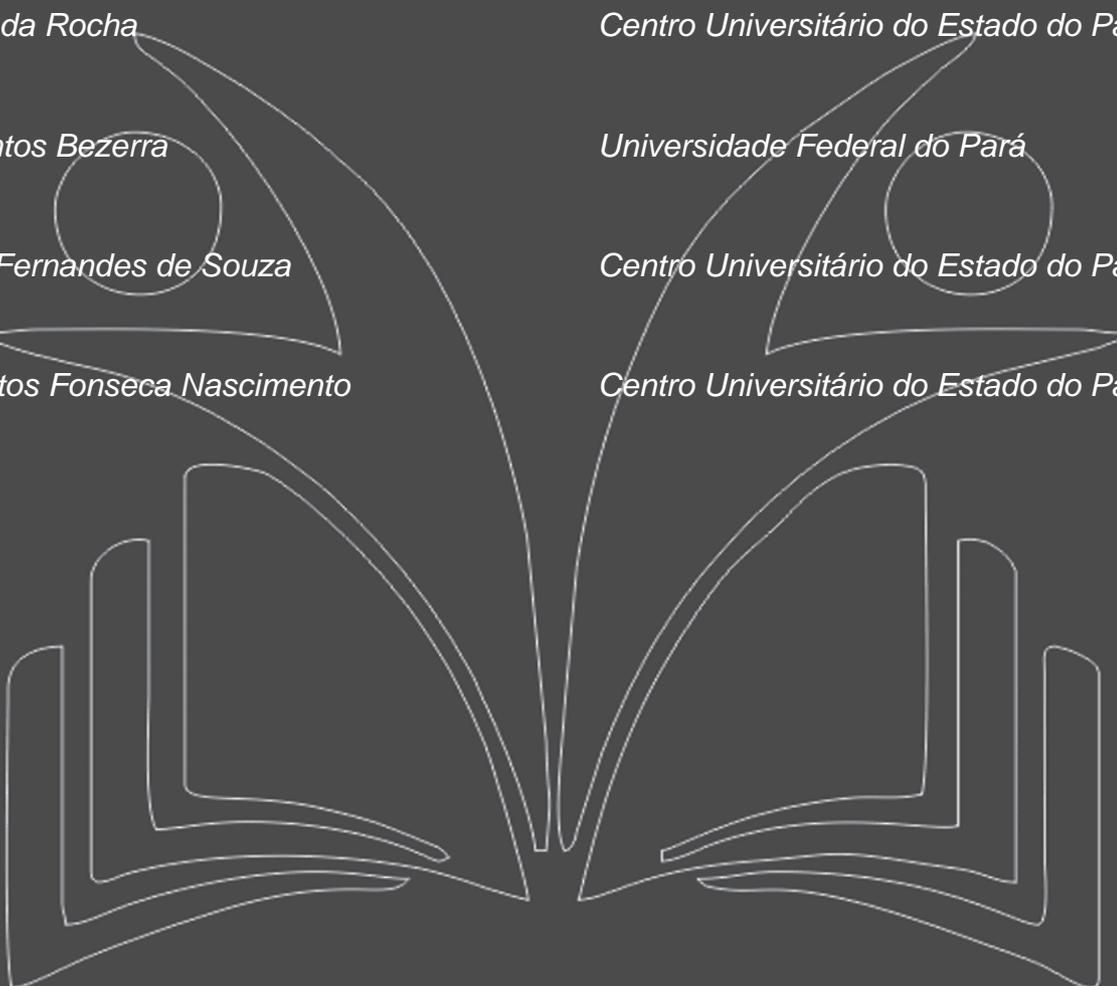
*Universidade Federal do Pará*

*Alan Marcel Fernandes de Souza*

*Centro Universitário do Estado do Pará*

*Polyana Santos Fonseca Nascimento*

*Centro Universitário do Estado do Pará*



**Resumo.** Após o surgimento da inteligência artificial, a sua utilidade no campo da medicina se destacou, culminando em resultados notórios acerca do auxílio em processos clínicos e retorno financeiro a longo prazo. Com o objetivo de criar uma ferramenta que auxilie o processo de diagnóstico laboratorial de anemia, este trabalho realizou um estudo que combinou conceitos em hematologia e inteligência artificial sob a abordagem de sistemas baseados em conhecimento para desenvolver um protótipo de inferência que dê suporte no processo de decisão diagnóstica, apresentando relatos sobre o processo realizado para o desenvolvimento do sistema. Dessa forma, pôde-se verificar o entendimento das etapas de desenvolvimento um sistema especialista baseado em conhecimento aplicado na área médica e validado por profissionais da área da saúde.

## 1. INTRODUÇÃO

Inteligência artificial (IA) é uma ciência baseada em computador e um de seus objetivos é simular as faculdades do cérebro humano usando um sistema computacional. Essa tecnologia está presente em diversas áreas e é muitas vezes utilizada mesmo quando nós não nos damos conta. Segurança de dados, negociações financeiras, detecção de fraudes e recomendações de produtos em sites de empresas de vendas são apenas alguns exemplos populares da onipresença desta tecnologia (MARR, 2016). As diferentes abordagens de IA possibilitam a construção de sistemas que aprendem e se aperfeiçoam automaticamente com dados, e tudo isso coloca a aprendizagem de máquina na vanguarda de praticamente qualquer campo que se baseia em dados, como saúde, educação, esportes e várias outras.

No âmbito da medicina, a percepção da usabilidade de tecnologias de IA no auxílio de diagnósticos clínicos foi imediata. A dimensão da aplicabilidade de IA na área passa por reconhecimento de padrões a partir de exames de imagem, monitoramento de glaucoma, análise de microscopia de urina, cálculo sobre o risco de Síndrome de Down a partir de dados de triagens bioquímicas de mães, assim como diagnóstico de enfermidades cardiopulmonares (ZINI, 2005).

Ainda na área da saúde, sistemas de aprendizado de máquina são usados para analisar imagens e investigar tumores. Também são usados para fazer diagnósticos com base em laudos anatomopatológicos. Um estudo utilizou o diagnóstico assistido por computador para analisar os exames de mamografia precoce de mulheres que mais tarde desenvolveram câncer de mama e o computador detectou 52% dos cânceres até um ano antes das mulheres serem oficialmente diagnosticadas (MARR, 2016).

Outro exemplo do uso de IA na área de saúde ocorre na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), onde são criados sistemas de IA com o objetivo de facilitar o diagnóstico de doenças como dengue, zika e chikungunha, ou até mesmo apontar os riscos apresentados por um idoso de desenvolver problemas que ameacem sua vida em até quinze anos. Tais sistemas são criados para reconhecer padrões em enfermidades e oferecer aos médicos sugestões que os ajudem em sua tomada de decisão (NOBESCHI, 2016).

Na reportagem de Ghosh (2018) é ressaltado o potencial de sistemas de IA em reduzir custos de garantir uma economia altamente relevante para sistemas de saúde ao permitir que males sejam detectados precocemente. Segundo Ghosh (2018), pesquisadores de um hospital de Oxford, no Reino

Unido, desenvolveram uma IA capaz de fazer diagnósticos a partir de exames para doenças cardíacas e câncer de pulmão. Tratando-se da tecnologia sobre problemas no coração, o sistema pode levar o sistema público de saúde britânico a reduzir em 50% os gastos realizados anualmente com serviços de análise de patologias.

Partindo da constatação da aplicabilidade e da eficiência de IA no ambiente da medicina, este trabalho detalha o desenvolvimento de um protótipo de sistema baseado em conhecimento que dê auxílio à diagnósticos laboratoriais relacionados à anemia e ao fim desse processo relatar os resultados visando sua efetividade. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema de IA que dê suporte ao diagnóstico laboratorial de anemia.

Por meio de um estudo realizado na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), foi identificado que a cada cinco minutos, três brasileiros morrem por alguma falha nos hospitais do Brasil. Estes números são provenientes de erro médico, negligências ou algum incidente em hospital, provocando mais de 300 mil mortes no ano de 2016 por falhas médicas (ARAÚJO, 2017).

No domínio do diagnóstico médico, existem inúmeras variáveis que afetam o processo de decisão, causando diferenças nas opiniões dos praticantes. Existem muitos fatores de risco incertos, por isso, às vezes, o diagnóstico de doença pode ser difícil mesmo para especialistas. Ter tantos fatores para analisar e diagnosticar a doença de um paciente dificulta o trabalho do médico. Nesse cenário, uma ferramenta precisa é de grande auxílio para um especialista considerar todos os fatores de risco e mostrar determinados resultados em termos incertos.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção 2 aborda fundamentos da anemia; a seção 3 descreve a metodologia utilizada; a seção 4 detalha os resultados do trabalho e a seção 5 cita as considerações finais.

## 2. FUNDAMENTOS EM ANEMIA

Segundo Hoffbrand e Moss (2013, p. 24) anemia “é definida como a diminuição da concentração de hemoglobina do sangue abaixo dos valores de referência para idade e sexo”. Tais valores de referência podem variar de acordo com os laboratórios, porém a taxa de valores para a definição da anemia mais comumente utilizada é apresentada na Figura 1.

	Homens	Mulheres
Hemoglobina (g/dL)	13,5-17,5	11,5-15,5
Hematócrito (Het) (%)	40-52	36-48
Contagem de eritrócitos ( $\times 10^{12}/L$ )	4,5-6,5	3,9-5,6
Hemoglobina corpuscular média (HCM) (pg)	27-34	
Volume corpuscular médio (VCM) (fL)	80-95	
Concentração hemoglobínica corpuscular média (CHCM) (g/dL ou %)	30-35	
Contagem de reticulócitos ( $\times 10^9/L$ )	50-150	

**Figura 1. Valores de referência para hemogramas em adultos (Hoffbrand e Moss, 2013, p. 25).**

De acordo com Hoffbrand e Moss (2013), valores normais de hemoglobina no sangue para definição de anemia ficariam abaixo de 13,5 g/dL em homens adultos e abaixo de 11,5 g/dL para mulheres adultas. Taxas de hemoglobina abaixo de 11 g/dL em crianças de dois anos até a puberdade já indicaria estado de anemia. Devido a recém-nascidos possuírem um nível de hemoglobina mais alto, uma taxa de hemoglobina no sangue abaixo dos 14 g/dL apontaria anemia.

Normalmente, a taxa de hemoglobina está ligada a contagem de eritrócitos e hematócitos (HCT), ou seja, comumente, se uma taxa apresenta baixa, as outras costumam acompanhar este resultado em sua contagem. Porém, existe a possibilidade de alguns pacientes apresentarem valores normais de contagem de eritrócitos e hematócitos, e mesmo assim uma baixa em hemoglobina, dessa forma, apresentando o estado de anemia. Fatores como alterações no nível de plasma no volume total do sangue influenciam nos resultados de um hemograma quanto a hemoglobina. Situações como a desidratação e período de gestação causam, respectivamente, diminuição e aumento do nível de plasma no sangue, podendo mascarar o estado de anemia ou dar alarmes falsos quanto ao diagnóstico dessa condição (HOFFBRAND; MOSS, 2013).

Os principais sintomas causados pela anemia são: dispneia de esforço, fraqueza, letargia, palpitações e cefaleia. Existem sintomas que são apresentados de forma específica em idosos, como insuficiência cardíaca, angina de peito, claudicação intermitente e confusão mental. Em casos severos, a anemia pode causar até mesmo distúrbios visuais (HOFFBRAND; MOSS, 2013).

Os sinais da anemia estão classificados como sendo gerais ou específicos. No aspecto geral os sinais podem ser palidez nas mucosas, hipercinesse circulatória com taquicardia, pulso amplo, cardiomegalia e sopro sistólico. Tratando-se de sinais específicos, estes estão relacionados diretamente aos diferentes tipos particulares de anemia, e podem ser coiloníquia (uma deformidade na unha), icterícia (coloração amarela em tecidos e secreções orgânicas), úlceras de perna, assim como deformidades ósseas (HOFFBRAND; MOSS, 2013).

A classificação de anemia, para a prática laboratorial, é baseada nos índices hematimétricos. Desta forma, esta é dividida em três tipos, dadas como microcíticas, normocíticas e macrocíticas (HOFFBRAND; MOSS, 2013). A partir desse critério, os tais tipos possuem as seguintes características:

- **Macrocíticas:** caracterizadas pela presença de hemácias de grande volume. Algumas dessas anemias macrocíticas podem ser megaloblásticas.
- **Microcíticas (Hipocrômica):** tem predomínio de hemácias de pequeno volume e pobres em hemoglobinas.
- **Normocíticas (Normocrômica):** apresentam hemácias adultas, com a quantidade adequada de hemoglobina.

Este tipo de classificação é suportado em dois índices: o volume corpuscular médio (VCM) e a hemoglobina corpuscular média (HCM), conforme a Tabela 1. É importante ressaltar que ao se considerar o estado anêmico de uma pessoa é necessário que, além de avaliar a concentração do teor da hemoglobina, é preciso a avaliação completa do hemograma, observando com detalhe os resultados do hemograma e, com especificidade, os valores dos índices hematimétricos.

**Tabela 1 – Classificação da anemia (Hoffbrand e Moss, 2013, p. 27)**

<b>Microcítica/Hipocrômica</b>	<b>Normocítica/normocrômica</b>	<b>Macrocítica</b>
VCM < 80 fL	VCM = 80-95 fL	VCM > 95fL
HCM < 27 pg	HCM ≥ 27 pg	

A abordagem hematimétrica também serve de grande ajuda ao poder sugerir uma situação patológica subjacente antes que a mesma se desenvolva. Hoffbrand e Moss (2013) expõem as principais anomalias relacionadas com cada tipo de anemia prevista na análise hematimétrica:

- a) **Situações patológicas mais comuns nas anemias normocíticas/ normocrômicas:** deficiência de ferro, talassemias, anemias de doença crônica, intoxicação por chumbo, anemia sideroblástica.

- b) **Situações patológicas mais comuns nas anemias microcíticas/hipocrômicas:** anemias hemolíticas, anemias de doença crônica, anemia pós-hemorrágica aguda, nefropatias, deficiências mistas, insuficiência da medula óssea.
- c) **Situações patológicas mais comuns nas anemias macrocíticas:** deficiências de vitamina B12 e folato, abuso de álcool, hepatopatias, mielodisplasias, anemia aplástica.

O valor de *red cell distribution width* (RDW), uma avaliação da superfície eritrocitária, quando associado ao VCM facilita a configuração da morfologia eritrocitária que poderá ser encontrada na análise morfológica, conforme a Quadro 1.

**Quadro 1 – Classificação morfológica de anemia conforme VCM e RDW (Walter, Silveira e Morales, 2000)**

	VCM Baixo	VCM Normal	VCM Alto
RDW Normal	Anemia Microcítica Homogênea	Anemia Normocítica Homogênea	Anemia Macroscítica Homogênea
RDW Alto	Anemia Microcítica Heterogênea	Anemia Normocítica Heterogênea	Anemia Macroscítica Heterogênea

Valores de referência em hematologia são baseados em de cálculos de função de densidade e probabilidade obtida conhecida como distribuição de Gauss. Feito a partir de análises de populações sadias, classificadas por idade e gênero, estabelecendo assim, valores de mínimo e máximo sobre os índices hematológicos (NAOUM, 2011).

Os valores utilizados em análises hematológicas obedecem esse modelo de estrutura estatística. Obtidos através de apreciações físico-químicas de forma manual desde a década de 1930 no Brasil, foram também adquiridos conhecimentos quantitativos e sobre escalas de medições, e com isso estabelecidos unidades como mm<sup>3</sup> (milímetro cúbico), g/dL (gramas por decilitro), pg (picograma) e fL (femtograma).

Naoum (2011) apresenta, conforme os Quadros 2 e 3, os valores referenciais alcançados de uma larga população cujos participantes residiam em cinco cidades dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Quadro 2 – Valores de referência obtidos em cinco cidades brasileiras (eritograma) (Naoum, 2011).

Eritograma	RN*	1 a 11 meses	1 a 2 anos	3 a 10 anos	10 a 15 anos	Adulto** masc.	Adulto** fem.
Eritrócitos	5.2	4.0 – 4.9	4.0 – 5.1	4.0 – 5.1	4.0 – 5.1	4.5 – 6.1	4.0 – 5.4
Hemoglobina	17.0	10.6 – 13.0	11.5 – 14.5	11.5 – 14.5	11.5 – 14.5	12.5 – 16.5	11.5 – 15.5
Hematócrito	52.0	33 – 41	34 – 42	34 – 42	34 – 42	40 – 54	36 – 48
HCM	27 – 31	25 – 29	26 – 29	26 – 29	26 – 29	27 – 29	27 – 29
VCM	80 – 100	75 – 90	77 – 90	77 – 90	77 – 90	77 – 92	77 – 92
CHCM	30 – 35	30 – 35	30 – 35	30 – 35	30 – 35	30 – 35	30 – 35
RDW	10 - 15	10 - 15	10 - 15	10 - 15	10 - 15	10 - 15	10 - 15

Quadro 3 – Valores de referência obtidos em cinco cidades brasileiras (leucograma).) (Naoum, 2011).

Leucócitos	1 a 3 anos		4 a 14 anos		Acima de 14 anos	
	%	absoluta**	%	absoluta**	%	absoluta**
Leucócitos Totais	---	5.0 – 15.0	---	4.5 – 13.5	---	4.0 – 10.0
N. Bastonete *	2 - 8	0.1 – 0.6	2 - 4	0.1 – 0.4	2 - 4	0.1 – 0.4
N. Segmentado *	20 - 40	2.0 – 6.0	35 - 55	2.0 – 6.0	36 - 66	2.0 – 7.5
Eosínófilo	4 - 10	0.2 – 1.5	4 - 8	0.3 – 1.0	2 - 4	0.1 – 0.4
Basófilo	0 - 1	0.0 – 0.1	0 - 1	0.0 – 0.1	0 - 1	0.0 – 0.1
Linfócito	40 - 60	2.0 – 8.0	30 - 55	1.5 – 6.5	25 - 45	1.5 – 4.0
Monócito	4 - 10	0.2 – 1.5	4 - 10	0.2 – 1.0	2 - 10	0.2 – 0.8

É importante ressaltar que, dependendo de certos fatores laboratoriais, geográficos e sociais, valores referenciais sofrem interferências em sua configuração. Devido a essas circunstâncias, é preferível que os valores referenciais utilizados por um laboratório sejam extraídos da própria comunidade em que atua, sendo retirados diretamente da população sadia da região, contudo, esta é uma questão de difícil aplicabilidade.

Considerando os conceitos apresentados sobre anemia, suas classificações e valores referenciais, a próxima seção trata da metodologia utilizada neste trabalho para desenvolver o protótipo do sistema de apoio ao diagnóstico de anemia.

### 3. METODOLOGIA

As etapas de desenvolvimento de um sistema baseado em conhecimento que foram seguidas neste trabalho foram: a **identificação**, onde se pesquisa as referências bibliográficas e a complexidade do problema; a segunda etapa é a **conceituação** que consiste na estruturação do conhecimento adquirido

na etapa anterior por meio da criação de hipóteses quanto aos dados que devem ser usados em interações de entrada e saída do sistema; o terceiro passo do desenvolvimento é a **formalização** do sistema, onde foi elaborado o fluxograma que irá demonstrar os passos que serão tomados para chegar no diagnóstico laboratorial parcial; o quarto passo é a implementação, ou seja, a criação do software e, por fim, os testes para a validação do mesmo.

A identificação do problema deu-se por meio de entrevistas não estruturadas com o especialista, onde o mesmo explicou a complexidade do problema, sobre o qual é necessário, além do hemograma, o parecer da consulta médica, onde se tem o exame físico do paciente.

Houve a necessidade de que o especialista indicasse bibliografias sobre anemia para que se pudesse entender mais sobre o assunto e para que se conhecessem os métodos de como chegar no diagnóstico laboratorial da anemia.

Ao fim da a pesquisa bibliográfica, foram aplicadas outras entrevistas com o especialista e, desta forma, decidiu-se, aliado com as situações patológicas relacionadas com as classificações de anemia apresentadas por Hoffbrand e Moss (2013) e Naoum (2011), que a análise diagnóstica adequada a ser tratada pelo sistema consistia em diferenciar a anemia nas suas formas microcítica, normocítica e macrocítica ou identificar sua ausência.

Após esta explicação, o especialista comentou sobre a importância desse sistema no auxílio de médicos que estão iniciando, e que o sistema o auxiliará e irá evitar que o sejam cometidas falhas ou deixem passar algum fator importante para o diagnóstico laboratorial da anemia.

Na etapa de conceituação, foram feitas entrevistas estruturadas com o especialista para identificar quais são os dados de entrada e os dados de saída do modelo. A lista de variáveis de entrada e saída é apresentada no Tabela 2.

**Tabela 2. Variáveis de entrada e saída do sistema.**

<b>Nome</b>	<b>Domínio</b>	<b>Tipo de Variáveis</b>	<b>Tipo</b>
Idade	1 - 95	Quantitativa Discreta	Entrada
Sexo	Feminino ou Maculino	Qualitativa Nominais	

Hemoglobina	0 - 25	Quantitativa Contínua	Saída
Eritrócito	0 - 10	Quantitativa Discreta	
VCM	55 - 115	Quantitativa Discreta	
Diagnóstico	Anemia Microcítica, Anemia Normocítica, Anemia Macroscítica, Sem Anemia	Qualitativa Nominais	

Pode-se notar pela Tabela 2 que alguns elementos que são discriminados no Quadro 2 foram retirados. Estas variáveis foram retiradas, pois considerou-se que não tinham relevância para o tipo de diagnóstico proposto do sistema, conforme informações relatadas pelo especialista. A partir dessa heurística obtida nas entrevistas, foram retirados o CHCM, RDW e índices relacionados aos recém-nascidos e pacientes de 1 a 11 meses.

A variável CHCM foi retirada por acusar apenas o nível de coloração dos eritrócitos. A utilização dessa variável seria redundante para o modelo, já que ela acusa se o paciente está ou não com anemia, porém a variável hemoglobina já faz esse papel.

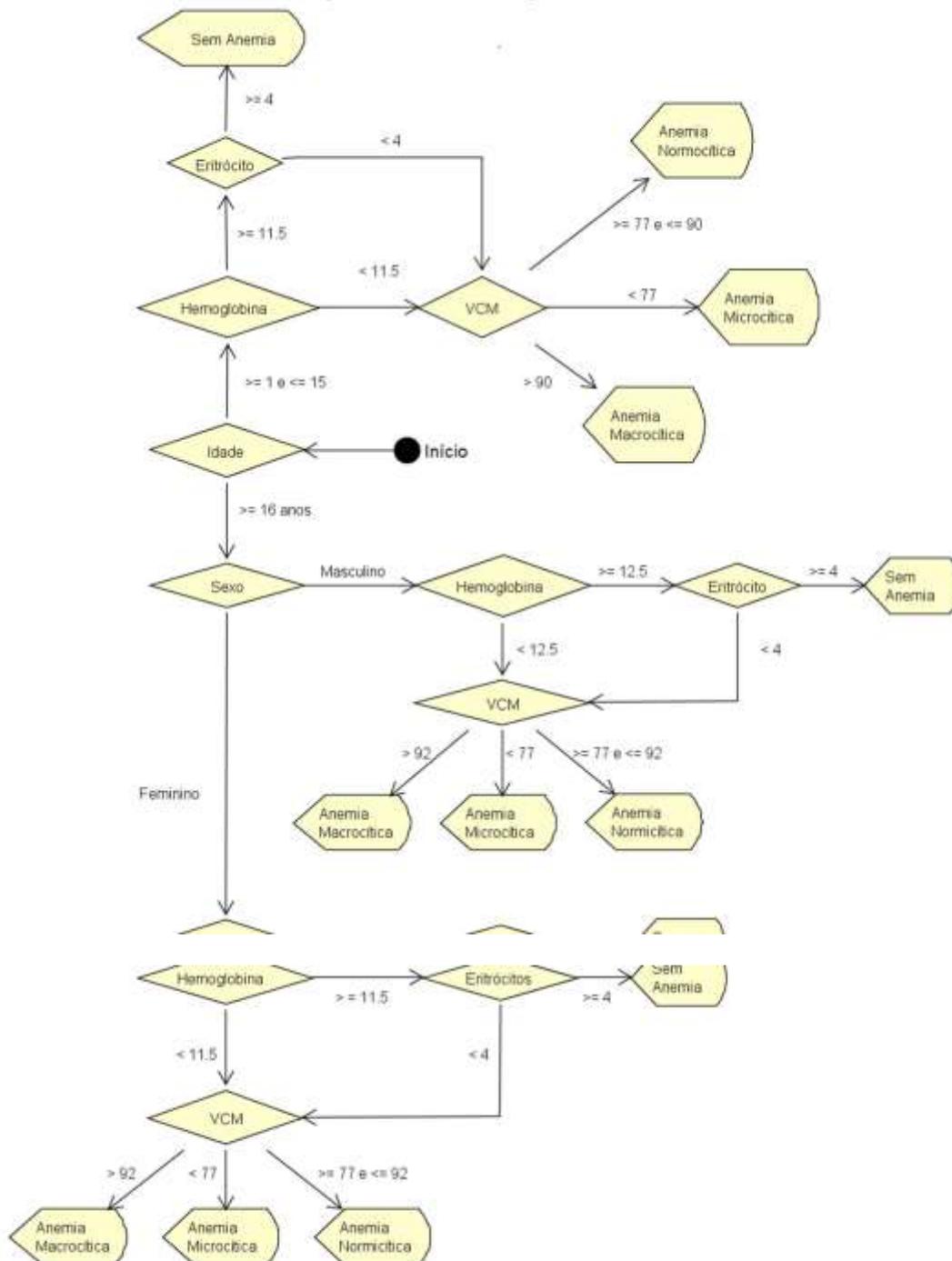
O RDW demonstra a amplitude da distribuição de hemácias, este índice indica se a anemia é heterogênea ou homogênea mas, como este não é o foco desta análise, foi retirado, podendo ser incluído em trabalhos futuros.

Outro fator retirado foi a análise dos casos relacionados aos recém-nascidos e os pacientes de 1 a 11 meses de idade. Eles foram suprimidos visto que, de acordo com o especialista, a solicitação de exame de sangue para essas duas faixas etárias não é comum, e por isso não seria interessante tratá-las no sistema.

Os índices restantes foram aqueles considerados de suma importância para o diagnóstico parcial da anemia, e a partir deles e das informações reunidas nas etapas de identificação e conceituação, iniciou-se a etapa de formalização.

A etapa de formalização consistiu em criar um fluxograma (Figura 2) para entender melhor o relacionamento das variáveis e como o protótipo do sistema se comporta como um todo.

**Figura 2. Fluxograma do protótipo**



O passo inicial do fluxograma de diagnóstico é referente à variável idade, já que ele divide os pacientes em dois grupos, o grupo de crianças e adolescentes, e o grupo de adultos. Para o grupo de adultos, o segundo passo é referente ao sexo, e este passo divide a análise em mais dois grupos, sendo estes entre os sexos masculino e feminino. O grupo de crianças e adolescentes não possui essa diferenciação de gêneros, devido a diferença entre os índices referentes a esta faixa de idade não serem relevantes.

Depois da definição de grupos demonstrada no parágrafo anterior, inicia-se a investigação da anemia por deficiência de hemoglobina, que é determinante. Dessa forma, a variável hemoglobina é a próxima da sequência de raciocínio do sistema. Se o paciente não está com anemia por deficiência de hemoglobina (valor referência de 12,5 para homens e 11,5 para crianças, adolescentes e mulheres, conforme descrito no fluxograma em análise), a próxima pergunta é sobre o eritrócito do paciente para verificar se o paciente está com anemia por deficiência deste índice, o que pode encerrar a investigação com o pré-diagnóstico de “sem anemia”. A última verificação, caso a situação anterior não se confirme, é dos valores indicados do VCM no hemograma, para fazer a distinção do tipo de anemia, se é microcítica, normocítica ou se é macrocítica, por fim dando o resultado parcial laboratorial da condição do paciente.

Por meio das entrevistas com o especialista verificou-se que embora não faça parte da fundamentação teórica, mas a mesma, por meio de sua experiência, indica que o eritrócito é um índice relevante diagnóstico laboratorial de anemia.

No fluxograma, foram utilizados os valores de referência apresentados por Naoum (2011), demonstrados no Quadro 2. Há de se ter em mente que os valores de referência não são universais, e por este motivo é necessário que tais valores sejam adotados, havendo a possibilidade de em valores de outras fontes existam pequenas diferenças numéricas entre os índices.

O fluxograma demonstra os passos a serem tomados para que se obtenha o diagnóstico parcial sobre os três tipos de anemia, ou se não há indícios suficientes de anemia, também demonstra quais passos o sistema de regras irá executar.

Após a formalização do fluxograma, os dados foram processados no software Expert Sinta, o qual gerou regras de inferência. Em seguida, levando em conta essas regras, iniciou-se a implementação do protótipo do sistema.

## 4. RESULTADOS

Foi utilizada para a criação do sistema a linguagem Python, por ser uma linguagem de fácil compreensão e intuitiva. Outro motivo para utilização dessa linguagem é a simplicidade, ou seja, requer menos linhas de código para concluir tarefas básicas e possui uma boalegibilidade de código. A vasta documentação e a comunidade muito ativa em fóruns e em sites gratuitos também foram um fator muito importante para a escolha do Python.

O fluxograma (figura 2) permite a construção de regras de classificação para compor a base de conhecimento do sistema. Segundo Halmenschlager (2002), as regras de classificação são estruturas apresentadas na forma de regras tipo SE <condição> ENTÃO <conclusão>.

Foi utilizada a técnica de inferência *forward-chaining*, proposta por (SONG; JOHNS; AGGARWAL, 1997, p. 6), que utiliza informação que já é conhecida, deriva novos fatos a partir dessas informações conhecidas e continua esse processo até atingir a meta ou até nenhuma regra adicional tenha premissas que correspondam ao fato conhecido ou derivado.

Os primeiros testes das regras foram criados no software Expert Sinta para ter uma pré-validação sobre se as mesmas estavam de acordo com o fluxograma apresentado e para checagem de alguns casos. Algumas dessas regras estão demonstradas no Quadro 4.

**Quadro 4 - Lista de regras adquiridas pelo sistema Expert Sinta.**

REGRA 1:	REGRA 2:
SE Idade >= 1	SE Idade >= 3
E Idade <= 2	E Idade <= 10
E Hemoglobina >= 11	E Hemoglobina >= 11
E Hemoglobina <= 14	E Hemoglobina <= 14
E Eritrócitos >= 4	E Eritrócitos >= 4
E Eritrócitos <= 5	E Eritrócitos <= 5
E Hematócrito >= 34	E Hematócrito >= 34
E Hematócrito <= 42	E Hematócrito <= 42

ENTÃO Resultado = Valores Normais	ENTÃO Resultado = Valores Normais
<p>REGRA 3:</p> <p>SE Idade <math>\geq 11</math></p> <p>E Idade <math>\leq 15</math></p> <p>E Hemoglobina <math>\geq 11</math></p> <p>E Hemoglobina <math>\leq 14</math></p> <p>E Eritrócitos <math>\geq 4</math></p> <p>E Eritrócitos <math>\leq 5</math></p> <p>E Hematócrito <math>\geq 34</math></p> <p>E Hematócrito <math>\leq 42</math></p> <p>ENTÃO Resultado = Valores Normais</p>	<p>REGRA 4:</p> <p>SE Idade <math>&gt; 15</math></p> <p>E Sexo = Feminino</p> <p>E Hemoglobina <math>\geq 11</math></p> <p>E Hemoglobina <math>\leq 15</math></p> <p>E Eritrócitos <math>\geq 4</math></p> <p>E Eritrócitos <math>\leq 5</math></p> <p>E Hematócrito <math>\geq 36</math></p> <p>E Hematócrito <math>\leq 48</math></p> <p>ENTÃO Resultado = Valores Normais</p>

As regras apresentadas no Quadro 4 foram importantes para o entendimento de como o raciocínio do sistema seria executado e foi o primeiro contato do especialista com o sistema sob a nossa supervisão. Nesse momento, o mesmo validou tanto as perguntas quanto as respostas do sistema.

O sistema que foi criado tem interação com usuário por meio de perguntas. O profissional é questionado sobre os valores obtidos no hemograma. O Quadro 5 indica a pergunta correspondente para cada variável de entrada do sistema.

**Quadro 5 - Perguntas do sistema e suas respectivas variáveis**

Perguntas	Variáveis
Qual a idade do paciente?	Idade
Se o sexo do paciente for masculino aperte 1, caso for feminino aperte 2:	Sexo
Qual o valor da hemoglobina demonstrado no hemograma do paciente?	Hemoglobina
Qual o valor do eritrócito demonstrado no hemograma do paciente?	Eritrócito
Qual o valor do VCM demonstrado no hemograma do paciente?	VCM

Após essa etapa, desenvolveu-se o código do sistema na linguagem Python. A Figura 3 mostra uma parte do referido código.

**Figura 3. Regras implementadas na linguagem Python**

```

1 idade = float(input("Qual a idade do paciente? "))
2 #Pergunta sobre a idade entre 1 e 15 anos
3 if idade >= 1 and idade <= 15:
4     #Pergunta sobre o valor obtido do hemograma(sem eritrócito)
5
6     #Pergunta sobre hemoglobina
7     hemo1 = float(input("Qual o valor da hemoglobina demonstrado no hemograma do paciente? "))
8     if hemo1 < 11.5:
9         #Pergunta sobre VCM
10        VCM1 = float(input("Qual o valor do VCM demonstrado no hemograma do paciente? "))
11        #Anemia Normocítica
12        if VCM1 >= 77 and VCM1 <= 90: print("Diagnóstico parcial: Anemia Normocítica")
13        #Anemia Microcítica
14        if VCM1 < 77: print("Diagnóstico parcial: Anemia Microcítica")
15        #Anemia Macroscítica
16        if VCM1 > 90: print("Diagnóstico parcial: Anemia Macroscítica")
17
18    #Pergunta sobre o valor obtido do hemograma(com eritrócito)
19    elif hemo1 >= 11.5:
20        #Pergunta sobre eritrócito
21        eril = float(input("Qual o valor do eritrócito demonstrado no hemograma do paciente? "))
22        if eril < 4:
23            #Pergunta sobre VCM
24            VCM1 = float(input("Qual o valor do VCM demonstrado no hemograma do paciente? "))
25            #Anemia Normocítica
26            if VCM1 >= 77 and VCM1 <= 90: print("Diagnóstico parcial: Anemia Normocítica")
27            #Anemia Microcítica
28            if VCM1 < 77: print("Diagnóstico parcial: Anemia Microcítica")
29            #Anemia Macroscítica
30            if VCM1 > 90: print("Diagnóstico parcial: Anemia Macroscítica")
31        #Sem anemia
32        if eril >= 4: print("Diagnóstico parcial: Sem Anemia")

```

Houve outro encontro com o especialista, onde o mesmo fez o teste de inferência desenvolvido, agora em Python, para obter a validação do mesmo tanto das perguntas quanto das respostas do sistema.

Após respondidas as perguntas necessárias para o diagnóstico ser obtido, o sistema irá mostrar o resultado parcial do paciente, onde o especialista da área fará a análise e o validará, assim repassando o diagnóstico para o paciente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos deste trabalho foram entender os conceitos sobre anemia, criar um protótipo de um sistema especialista que auxilie no diagnóstico laboratorial de anemia e validá-lo com o especialista na área. A ideia principal é criar mais um passo de verificação e, assim, minimizar as falhas nessa modalidade de diagnóstico.

Dessa forma, o desenvolvimento do estudo apresentado possibilitou o entendimento das etapas necessárias à construção de um sistema baseado em conhecimento aplicado na área médica. Além disso, também permitiu o estudo de anemia e como aplicar e transmitir o conhecimento adquirido para a linguagem computacional, criando um fluxograma para o melhor entendimento e representação formal cognitiva do problema. Considera-se, portanto, que o objetivo do trabalho foi atingido, pois a representação obtida demonstra o raciocínio correto de um especialista na área enquanto faz a avaliação e diagnóstico de anemia a partir de hemogramas, de acordo com o referencial teórico estudado e com o especialista humano consultado.

O sistema apresentado neste trabalho não pode ser considerado finalizado, pois ainda é um protótipo e faltam etapas para que ele seja considerado um sistema baseado em conhecimento completo. Assim, pretende-se fazer aperfeiçoamentos, melhorando o trabalho que foi desenvolvido até agora. Uma das limitações presentes no mesmo é a sua interface ainda rudimentar.

Alguns pontos que podem ser futuramente desenvolvidos são:

- A criação da interface mais robusta e intuitiva com o usuário;
- Substituir a interação via questionário por uma integração direta com o banco de dados do laboratório, para carregar os índices utilizados e apresentar o diagnóstico parcial;
- Efetuar testes de usabilidade com os possíveis usuários do software;
- Aumentar a profundidade do diagnóstico de forma a identificar se é anemia homogênea ou heterogênea;

- Ampliar a atuação do sistema na construção e montagem do documento do hemograma, com o diagnóstico parcial já presente para validação e assinatura do profissional responsável, aumentando a eficiência do processo;
- Coletar casos diagnósticos de anemia em quantidade suficiente para executar a construção de uma base de treinamento para aprendizagem de máquina (como redes neurais artificiais, árvores de decisão para a indução das regras, raciocínio baseado em casos, entre outros);
- Implementação dos demais módulos do sistema baseado em conhecimento, como módulo de explicação, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Paula. Falhas em hospitais matam mais que o câncer, a violência e o trânsito. *Jornal Hoje*. São Paulo, 22 nov. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2017/11/falhas-em-hospitais-matam-mais-que-o-cancer-violencia-e-o-transito.html>>. Acesso em: 31 maio 2018.

GHOSH, Pallab. Inteligência artificial pode levar ao diagnóstico precoce de doenças cardíacas e câncer de pulmão. *Janeiro*, 2018. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/geral-42537252>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

HALMENSCHLAGER, C. Um Algoritmo para indução de árvores e regras de decisão. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HOFFBRAND, A. V.; MOSS, P. A. H.. *Fundamentos em Hematologia*. 6. ed. [S. L.] Artmed, 2013.

MARR, Bernard. The Top 10 AI And Machine Learning Use Cases Everyone Should Know About. *Setembro*, 2016, Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/09/30/what-are-the-top-10-use-cases-for-machine-learning-and-ai/#2359ccf694c9>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

NAOUM, Paulo Cesar. Diagnóstico diferencial das anemias microcíticas e hipocrômicas. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 43, n. 2, p. 160-162, 2011. Disponível em:

<<http://hdl.handle.net/11449/122829>>.

NOBESCHI, Alexandre. Saúde: como a inteligência artificial pode ajudar nos diagnósticos. *Dezembro*, 2016. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/saude/noticia/2016/12/saude-como-inteligencia-artificial-pode-ajudar-nos-diagnosticos.html>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

SONG, Yong-hua; JOHNS, Allan; AGGARWAL, Raj. *Computational Intelligence Applications to Power Systems*. [S. L.]: Springer Science & Business Media, 1997. 162 p. (15).

WALTER, Elizandra Goulart; SILVEIRA, Fabiana Cristina da; MORALES, Aran Bey Tcholakian. *SEAN - SISTEMA ESPECIALISTA EM ANEMIA*. [2000]. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001\\_TR68\\_0110.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR68_0110.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2018.

ZINI, Gina. Artificial intelligence in Hematology. *Hematology*. [S. L.], p. 393-400. out. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10245330410001727055>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

# Capítulo 2



10.37423/210704443

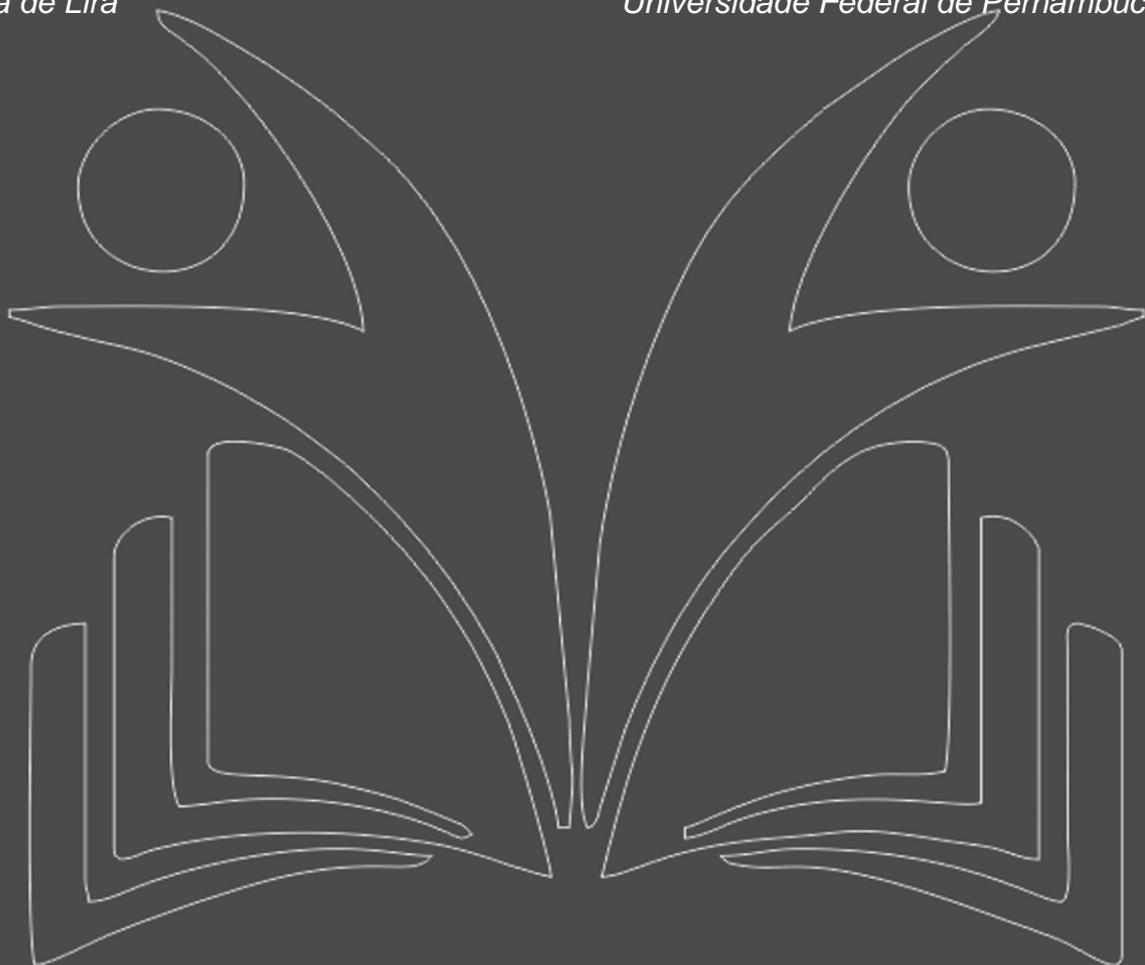
## DESAFIOS DA GESTÃO DE UMA CRECHE NO USO PEDAGÓGICO DAS TDIC E ALINHAMENTO COM A BNCC

*A. C. M. Cunha*

*Universidade Federal de Pernambuco*

*Flávia Luíza de Lira*

*Universidade Federal de Pernambuco*



**Resumo.** *O estudo tem por objetivo analisar as estratégias e propostas de formação docente adotadas pela gestão de uma creche, frente ao uso pedagógico das TDIC de modo a atender o que está proposto na BNCC. O percurso metodológico possui um caráter qualitativo, onde nos utilizamos de alguns de elementos da análise de discurso. Para isto realizamos uma entrevista, na qual analisamos no discurso das profissionais o nível de conhecimento das suas atribuições e o alinhamento com a BNCC. Os resultados revelam um corpo gestor atuante, que busca atender os anseios da comunidade escolar na construção e condução do PPP, porém há uma lacuna no desenvolvimento de estratégias e articulação com os docentes.*

## 1. INTRODUÇÃO

A educação em seus diversos níveis de ensino no que corresponde a gestão, atravessou décadas livre de questionamentos sobre sua forma de funcionamento, na qual os aspectos da gestão estavam pautados na administração. O gestor e o coordenador eram vistos como uma autarquia. Ao passar dos anos as questões de concentração de poder nessas duas figuras foram sendo questionadas, e começou a ser pensada uma perspectiva humanista destes cargos.

As discussões a respeito da descentralização do poder começaram a ganhar força, fazendo-se necessário lançar um olhar para a gestão levando em consideração as peculiaridades correspondentes ao âmbito escolar, pois o que está em jogo é a formação cognitiva, emocional, afetiva e social dos estudantes.

Tendo em vista a importância da Educação Infantil para o desenvolvimento integral da criança, é indispensável levar em consideração no processo de ensino e aprendizagem o meio social no qual o educando está inserido, pois as crianças estão a todo momento propondo desafios para o contexto educacional, no qual a gestão escolar deve desenvolver estratégias de mobilização da sua equipe pedagógica para atender as demandas do novo contexto educacional.

No presente artigo objetivamos analisar as estratégias e propostas de formação docente adotadas pela gestão de uma creche situada no Recife, frente ao uso pedagógico das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) de modo a atender o que está proposto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, bem como conhecer as dificuldades enfrentadas.

Além dessa introdução o estudo apresenta uma discussão sobre as TDIC e as atribuições do gestor e do coordenador pedagógico, em seguida discorreremos sobre as contribuições da BNCC para a gestão escolar. Na sequência apresentamos nossa metodologia, os resultados da pesquisa e nossas considerações finais.

## 2. AS TDIC E AS ATRIBUIÇÕES DO GESTOR E DO COORDENADOR PEDAGÓGICO

Para entendermos a importância do coordenador pedagógico é de suma importância compreender as suas atribuições dentro do contexto escolar. Encontramos na literatura subsídio para uma melhor compreensão das atribuições do mesmo. Para Cunha (2006) o coordenador pedagógico é o principal

mediador para que as ações de formação continuada aconteçam, tendo essas ações consequências diretas na prática dos docentes.

Libâneo (2003) aponta que este profissional responde pela viabilização, integração e articulação do trabalho didático-pedagógico com foco na qualidade de ensino. Sendo assim, as atribuições do coordenador pedagógico estão diretamente relacionadas a excussão de uma prática pedagógica eficiente por parte dos docentes, com a realização de um planejamento da rotina de formação continuada significativa.

Compreendemos que são inúmeras as demandas de um coordenador pedagógico, todavia é de suma importância que o mesmo zele pela sua própria formação profissional, pois assim estará habilitado para prestar formação continuada aos docentes, bem como administrar conflitos que podem surgir no contexto escolar. Sendo indispensável a sua participação em palestras, seminários, congressos, encontros pedagógicos, capacitações, cursos e outros eventos da área educacional.

No que diz respeito à utilização das TDIC é de suma importância que o coordenador pedagógico esteja preparado para acompanhar e orientar a utilização dos mesmos de modo significativo ao processo de ensino e aprendizagem, apresentando ao seu grupo de docentes, estratégias para a utilização dos recursos tecnológicos de modo pedagógico.

Já no que corresponde a gestão, segundo Ferreira e Aguiar (2006), tal palavra vem do latim *gestãōnis*, que significa ato de gerir, gerenciar, administrar. Portanto gestão é administração, é tomada de decisão, é organização, é direção.

Na perspectiva da gestão democrática, gerir é uma atividade coletiva que tem o seu ponto de partida no contexto sócio histórico e cultural que a instituição está inserida na qual todos decidem quais são as prioridades e quais ações faz-se necessário para alcançar os objetivos almejados. Sendo assim, quanto às atribuições do gestor escolar, cabe a este adotar uma postura democrática sabendo ouvir e gerir as demandas da sua equipe de trabalho, bem como ser o agente responsável por mudanças no ambiente escolar. Segundo Libâneo:

Constituem, pois, desafios a competências de diretores, coordenadores pedagógicos e professores: saber gerir e, frequentemente conciliar interesses pessoais e coletivos, peculiares, culturais e exigências universais da convivência humana; preocupando-se com as relações humanas e com os objetivos pedagógicos e sociais a atingir, estabelecer formas participativas e a eficiência em processos administrativos. LIBÂNIO (2003, p.323).

Também se faz necessário que estes profissionais estejam conectados com as novas demandas educacionais, pois segundo Lemos (2005), as novas tecnologias da informação e comunicação nos colocam em meio a uma cultura da conexão generalizada, engendrando novas formas de mobilidade social e de apropriação do espaço urbano.

Sendo assim, é preciso entender que a educação não é uma área inerte, as transformações ocorrem à medida que nosso foco (o estudante) muda, e a forma na qual ele aprende está em constante processo de mudança, uma vez que os mesmos estão a todo tempo sendo “bombardeado” pelos meios de comunicação.

Cabendo ao gestor gerenciar o ambiente escolar com responsabilidade, motivação e buscando sempre inovar em sua gestão, objetivando engajar a sua equipe de trabalho visando a qualidade do ensino e o bem-estar de todos.

### **3. Base Nacional Comum Curricular e suas Contribuições para a Gestão Escolar**

A Base Nacional Comum Curricular, possui o objetivo de promover o desenvolvimento integral dos estudantes, assegurando a todos os cidadãos brasileiros o acesso à educação de qualidade, alinhadas às demandas educacionais do século XXI. É responsável por garantir a oferta da educação infantil e do ensino fundamental a rede municipal de ensino, segundo a Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB), pois sua tarefa encontra-se na manutenção e no desenvolvimento das instituições educacionais.

Todas as demandas contidas nos documentos oficiais requerem da gestão escolar um alinhamento com o que está sendo pedido, exigindo dos profissionais clareza, acerca da diferença entre competência e habilidade, pois o trabalho do gestor e principalmente do coordenador pedagógico atinge diretamente o fazer docente, que conseqüentemente implica no processo de ensino e aprendizagem. *Competência* para a BNCC caracteriza-se pela mobilização de conhecimento, enquanto *Habilidades* corresponde a atitudes e valores para a resolução de problemas complexos do dia-a-dia.

No que diz respeito a Educação Infantil, vem sendo realizado um trabalho que interliga o educar e o cuidar numa perspectiva indissociável, na qual a gestão das escolas e creches das redes municipais de ensino, em seu trabalho articula a sua proposta pedagógica com o objetivo de expandir os conhecimentos e as habilidades das crianças, por meio da garantia de seis direitos de aprendizagem e desenvolvimento. De acordo com a BNCC (2018), tais direitos se concretizam nas seguintes ações - conviver, brincar, participar, explorar, expressar-se e conhecer-se, tendo por objetivo a educação integral das crianças.

Na Educação Infantil, as aprendizagens essenciais compreendem tanto comportamentos, habilidades e conhecimentos quanto vivências que promovem aprendizagem e desenvolvimento nos diversos campos de experiências, sempre tomando as interações e a brincadeira como eixos estruturantes. Essas aprendizagens, portanto, constituem-se como objetivos de aprendizagem e desenvolvimento. (BRASIL, 2018, p. 44).

Dentro da proposta da Base Nacional Comum Curricular, podemos notar o deslocamento do papel da criança e do professor, pois a Base propõe que o estudante seja retirado do papel de receptor passivo do conhecimento, colocando-o como protagonista da sua aprendizagem, e retirando o professor do local de detentor do conhecimento pondo-o como mediador/facilitador do mesmo.

Esta concepção de ensino propõe a gestão das creches e escolas, repensar o seu currículo, bem como demanda aos gestores municipais formação continuada alinhando-se às perspectivas pedagógicas contidas nas dez (10) competências gerais da BNCC. Pois a mesma propõe novos desafios a comunidade escolar como por exemplo a competência cinco (5) da base que corresponde a

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BNCC 2018).

Em suma, um dos impactos mais significativos da Base Nacional Comum Curricular está pautado na forma como a gestão municipal e das instituições de ensino irão elaborar o seu Projetos Político Pedagógico, mapear as estratégias e propostas de formação continuada dos seus docentes, de modo a atender as novas concepções de metodologias de ensino alinhadas ao uso pedagógico das TDIC em sala de aula.

Tendo em vista que toda a aprendizagem é ativa, bem como o contexto que envolve a BNCC e seus impactos, é de suma importância se repensar as metodologias de ensino para a Educação Infantil, uma vez que a aprendizagem ocorre quando há interação entre aluno e objeto de conhecimento.

Quando o aluno interage com o assunto em estudo – ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando – sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo de forma passiva do professor. Em um ambiente de aprendizagem ativa, o professor atua como orientador, supervisor, facilitador do processo de aprendizagem, e não apenas como fonte única de informação e conhecimento. (BARBOSA; MOURA, 2013, p.55).

A literatura nos aponta uma série de caminhos que pode ser percorrido pelo corpo gestor das instituições de ensino rumo ao alinhamento com os documentos oficiais, partindo da autonomia dos sujeitos envolvidos, bem como o trabalho em equipe na qual possa ser promovido um momento de reflexão e discussão sobre o objeto em estudo.

Sabemos que muitos são os entraves da educação no que corresponde a uma perspectiva inovadora, integrando pedagogicamente as TDIC no processo de ensino e aprendizagem, por este motivo é de suma importância que a gestão e a coordenação das instituições de ensino estejam alinhadas com os documentos oficiais, com as novas demandas educacionais, e realizando continuamente formações, na busca pelo aperfeiçoamento profissional, visando nortear a educação da melhor forma possível.

Pois temos visto na contemporaneidade, é o que Lemos (2005), chama de desencaixe, que nos permite vivenciar processos globais não enraizados na nossa tradição cultural, na qual as mídias eletrônicas criam assim processos de desterritorialização em níveis políticos, econômicos, social, cultural e subjetivo. Interferindo diretamente na formação da identidade dos sujeitos.

Tendo em vista tudo que foi discutido, acreditamos que a formação do corpo gestor das instituições de ensino, deve abranger os elementos que sugere uma ação formativa que contemple os conceitos fundamentais da BNCC. Desta forma, acreditamos que a formação impactará diretamente na prática docente, de maneira a munir o professor a potencializar a aprendizagem dos estudantes, situar sua prática na mediação e impulsionar a educação para convergir com as demandas educacionais do século XXI.

#### 4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O presente estudo é de caráter qualitativo e para elaboração do mesmo realizamos uma revisão na literatura sobre o tema abordado, bem como uma entrevista semiestruturada com a gestora e a coordenadora de uma creche situada na Cidade do Recife que atende 160 crianças, de zero a cinco anos de idade.

Nos aproximando de alguns elementos da Análise do Discurso, e esta informação não surge de maneira gratuita, a medida em que reconhecemos o pouco tempo de leitura sobre o assunto, e as nossas limitações conceituais, uma vez que pela primeira vez nos enveredamos por este caminho, pois entendemos que a AD nos permite compreender diversos elementos constitutivos da sociedade.

Para Orlandi (2010), a Análise de Discurso concebe a linguagem como mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social. Essa mediação que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive.

Sendo assim, a Análise de Discurso objetiva compreender como o objeto simbólico produz sentido para os indivíduos, levando em consideração as condições de produção que compreende o sujeito e a

situação, em sentido expandido as condições de produção correspondem ao contexto social, histórico e ideológico no qual o sujeito está inserido. O discurso ao ser constituído incorpora alguns fatores, que estabelece algumas condições de produção, e um deles é conhecido como relação de sentido, onde segundo essa concepção não existe discurso que não esteja relacionado com outro, onde os sentidos são resultados de relações, no qual um discurso está interligado a outro que lhe dá apoio, bem como realiza apontamentos para dizeres futuros.

Para Orlandi (2010) todo o discurso é visto como um estado de um processo discursivo mais amplo, contínuo, não havendo começo absoluto nem ponto final para o discurso, onde um dizer tem sempre relação com outros dizeres realizados, imaginados e possíveis. Estamos vivendo em uma época de novas linguagens, no qual ao se constituir uma política pública observa-se às novas demandas sociais, que são de suma importância na constituição dos documentos oficiais, tendo em vista um ideário de sujeito globalizado, onde estratégias são traçadas para que esse sujeito atinja o que está sendo proposto e se torne usuário e multiplicador da proposta, deixando de ser assim o sujeito do ideário.

Para o desenvolvimento da pesquisa realizamos uma entrevista semiestruturada, que foram gravadas, transcritas e analisadas em seguida. As entrevistas continham quatro perguntas para a gestora e coordenadora da creche, na qual as questionamos sobre: O papel da gestão, as dificuldades encontradas, e o que elas entendem como inovação pedagógica.

A seguir procedemos com as análises das questões das entrevistas realizadas com a gestora e com a coordenadora pedagógica.

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Ao iniciarmos a entrevista questionamos a gestora e a coordenadora sobre o que elas compreendem acerca do que está a cargo das suas atribuições. Para uma melhor compreensão das respostas elaboramos o seguinte quadro.

Tabela 1.

Gestora	Coordenadora
No meu ponto de vista ser gestora é um trabalho que exige grande dedicação, habilidades, criatividade, pesquisa e estudo. Uma das principais tarefas é conduzir a construção coletiva do Projeto Político Pedagógico na unidade de ensino estando articulado com a BNCC, e exercer também influência sobre a comunidade escolar, diagnosticando e resolvendo problemas.	É a função de articuladora. Articular as exigências curriculares com as diferenças de expectativas das famílias e até dos profissionais de sala de aula sem perder o foco no pedagógico.

Podemos perceber através da fala dos sujeitos uma ligação com o que fora apresentado acerca do papel do gestor e do coordenador pedagógico, uma vez que no discurso de ambas notamos uma preocupação em estar conectadas com as demandas educacionais contemporâneas, bem como atender o que fora proposto nos documentos oficiais, se ter uma gestão democrática (*colaborativa*), e uma coordenação que visa estar constantemente em um movimento de articulação para atender a comunidade escolar.

Ao serem questionadas sobre as dificuldades enfrentadas no exercício da sua profissão a gestora e a coordenadora pedagógica apontaram que:

Tabela 2.

Gestora	Coordenadora
Acompanhar a inovação pedagógica, como já sou antiga na rede me sinto um pouco desatualizada e perdida ao tentar acompanhar o avanço tecnológico, os novos recursos digitais que vão surgindo e utilizar as redes sociais como ferramenta para o trabalho. Para lidar com essas dificuldades peço ajuda e orientação a alguns funcionários.	No dia-a-dia fazer acontecer uma rotina que favoreça o bom trabalho pedagógico é um desafio diário. Dar sugestões para que ela aconteça é uma forma de subsidiar a fim de que a rotina aconteça. Pois só uma boa e planejada rotina fazem acontecer um bom desempenho pedagógico.

Podemos perceber um distanciamento das preocupações entre gestora e a coordenadora escolar, pois enquanto uma preocupa-se em estar atualizada com relação ao uso das tecnologias (que é uma demanda social e normativa) a outra está preocupada em manter uma rotina pedagógica.

A preocupação da gestora encontra-se dentro de um discurso global, no qual chama a atenção dos profissionais de educação para o que está sendo chamado de *Cultura de Inovação*, que em sentido amplo, corresponde a todas possibilidades de romper com o ensino tradicional, objetivando dar significado para o aluno acerca do que está sendo abordado, é fazer com que o estudante seja o protagonista da sua aprendizagem e o professor mediador da mesma, tal perspectiva encontra-se ancorada na Base Nacional Comum Curricular, e requer dos sujeitos envolvidos na educação aproximação com as TDIC.

Ao serem convidadas a refletir sobre a Base Nacional Comum Curricular na perspectiva da integração pedagógica das TDIC, buscamos compreender como ambas tem mobilizado a comunidade escolar na qual estão inseridas para atender a essa demanda. Obtivemos as seguintes respostas.

**Tabela 3.**

Gestora	Coordenadora
Uma das estratégias utilizadas foi um momento de leitura, reflexão e debate acerca da Base Nacional Comum Curricular que foi realizado com os professores e auxiliares de desenvolvimento infantil. No debate foram discutidas as metas e direitos de aprendizagens trazidos pela BNCC, confrontando-os com a política da rede. Após o estudo os docentes ficaram livres para realizarem seu planejamento de acordo com as novas exigências curriculares, sendo responsabilidade da coordenação pedagógica prestar orientação e apoio sempre que preciso.	As diversas mídias e tecnologia estão presentes cada dia mais no cotidiano dos estudantes que já nascem praticamente sabendo utilizá-las. O desafio é trazê-las para o cotidiano escolar de uma forma diferente das que elas são utilizadas nas casas. É enxergar as ferramentas como um auxílio na aprendizagem e não apenas uma forma de diversão e passatempo. Além de ser uma excelente ferramenta oferecida a crianças com necessidades educacionais especializada.

Podemos perceber através da fala dos sujeitos que a nossa pergunta foi respondida em parte, pois no nosso entendimento a coordenadora relatou os benefícios da tecnologia e os desafios, porém não explicou como tem mobilizado a sua equipe de profissionais para atender a demanda da Base junto ao uso pedagógico das tecnologias.

É necessário se ter em mente que as atribuições de um corpo gestor está para além de leituras de documentos oficiais, é necessário aprofundar o conhecimento, criar democraticamente estratégias para se pôr em prática o que está prescrito, é refletir e discutir sobre o tema abordado, é dá o suporte necessário ao docente.

A preocupação em conhecer essas demandas curriculares para século XXI é importante, porém esse conhecimento por si só não garante que os direitos de aprendizagens dos alunos elencados na BNCC como fundamentais para a formação integral do sujeito, sejam assegurados, e assim a escola deixa também de cumprir com sua função social que é assegurar aos estudantes os conhecimentos necessários para a vida em sociedade.

Com base no ideário de Schlünzen Júnior (2013) percebemos a importância da necessidade de um corpo gestor antenado com o que se está sendo posto em termos de parâmetros e diretrizes curriculares para que então o processo educativo da instituição seja reavaliado e reconstruído de acordo com as demandas existentes. O discurso de ambas revela a necessidade de um olhar para a reconstrução do processo educativo que deve partir desde o estabelecimento de formações continuadas para o corpo docente com o foco no uso das TDIC no processo de ensino e aprendizagem, até refletir sobre novos ambientes de aprendizagem.

Podemos perceber que tanto a gestora quanto a coordenadora possuem uma certa clareza no que diz respeito às novas discussões e exigências curriculares que trazem a integração pedagógica das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação como parte importante do processo de ensino e aprendizagem, todavia no que diz respeito a elaboração de estratégias metodológicas, existe uma lacuna.

Ao serem interpeladas sobre os recursos tecnológicos disponíveis na unidade de ensino na qual trabalham, se todos eles são utilizados pelos docentes e de que forma, tivemos as seguintes respostas.

Tabela 4.

Gestora	Coordenadora
<p>Temos diversos recursos. Dentre eles estão as TVs, Rádios, notebooks e as mesas interativas. Quanto ao uso não sei informar se todo o corpo docente os utiliza, pois é a coordenação que dá orientação e suporte pedagógico. Mas afirmo que todos os recursos estão disponíveis para os docentes utilizarem como e quando quiserem.</p>	<p>Nós dispomos de alguns recursos tecnológicos. Entre eles as mesas interativas. Que são uma excelente ferramenta inclusive de auxílio ao processo de alfabetização. Trabalha o desenvolvimento da oralidade e da produção escrita.</p>

Na fala de ambas percebemos o conhecimento acerca dos recursos existentes, mas não notamos em nenhum dos discursos a garantia de que esses recursos vêm sendo utilizados nas aulas, pelos professores de forma a contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebemos através da fala da gestora e da coordenadora da creche uma preocupação em apropriar-se dos discursos acerca das novas demandas educacionais, na qual segundo Orlandi (2010), os sujeitos estão imersos em um padrão cultural, social, político e ideológico que passou e passa por constantes mudanças, onde os sujeitos falam a partir da sua leitura de mundo.

Todo o discurso é visto como um estado de um processo discursivo mais amplo, contínuo, não havendo começo absoluto nem ponto final, não temos a exatidão de quando se iniciou os discursos sobre o tema abordado na presente pesquisa, tão pouco sabemos quando terá fim, todavia compreendemos através da fala da gestora e da coordenadora que o ser humano está em uma busca incessante pelo novo, e que as demandas globais nos impedem de estagnar, colocando-nos constantemente em um processo de mudança, e nos fazendo entender que um discurso está sempre relacionado a outro em uma rede de interligações complexas.

No discurso do corpo gestor da creche bem como na literatura apresentada podemos realizar uma sucinta análise acerca das mudanças ocorridas no âmbito educacional, a qual nos permite ampliar o campo de visão e analisar os discursos veiculados acerca do processo de ensino e aprendizagem, que tem sido constantemente influenciado pelo processo intercultural advindos da difusão dos meios de comunicação, e pela incessante busca dos sujeitos ao novo, pela necessidade constante de se estar

sempre em movimento, imprimindo novas demandas para o âmbito educacional exigindo dos agentes envolvidos constante formação e alinhamento com os documentos oficiais em prol da boa qualidade da educação.

O objetivo almejado para essa pesquisa foi alcançados em parte, pois, através do discurso dos sujeitos foi possível perceber a preocupação em seguir normas de acordo com a proposta curricular vigente no processo de construção coletiva do Projeto Político Pedagógico, bem como o deslocamento em busca da apropriação da utilização dos recursos tecnológicos, que ficou bem claro na fala da gestora, também podemos enxergar uma política institucional existente que tenta dialogar com o contexto educacional contemporâneo.

No que diz respeito a análise das estratégias e propostas de formação docente adotadas pelo corpo gestor da creche em relação ao uso pedagógico das TDIC alinhada a BNCC identificamos uma lacuna a ser preenchida.

Podemos notar que existe um descompasso entre o discurso da gestora e da coordenadora pedagógica da creche, todavia ambas, estão preocupadas com o funcionamento da instituição como um todo, e isto ficou claro quando referiram-se a importância de se exercer influência na comunidade escolar, tal perspectiva faz parte dos cargos de liderança como é o caso da gestão e coordenação pedagógica, bem como a necessidade de se ter criatividade, mobilizar conhecimento, está em constante processo de atualização e articulação com a equipe de trabalho.

A Base Nacional Comum Curricular, deve ser tida pelo corpo gestor como uma referência para a formulação do currículo e das propostas pedagógicas das instituições de ensino, pois a mesma integra a política nacional da Educação Básica e vai contribuir para o alinhamento de outras políticas e ações, referentes à formação de professores, à avaliação, à elaboração de conteúdos educacionais e aos critérios para a oferta de infraestrutura adequada para o pleno desenvolvimento da educação.

Diante desta demanda é necessário que o corpo gestor das instituições de ensino, realizem além de leitura do documento, e de deixar por conta dos docentes e elaboração de estratégias para atender às atuais demandas, torna-se de suma importância a realização de formações continuada que integre o uso pedagógico das TDIC as propostas da Base, para isto é necessário que o coordenador pedagógico esteja preparado para auxiliar a sua equipe de docentes da realização desta tarefa.

O caminho a ser percorrido pelo corpo gestor para atender às novas demandas educacionais não é fácil, todavia percebemos através do discurso da gestora e da coordenadora o interesse em alinhar-se a essa perspectiva global.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. Governo Federal. (2018). Base Nacional Comum Curricular: BNCC. Brasília, DF. Disponível em: Acesso em: 17 de maio. 2019.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal.
- BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2014. Disponível em:
- <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm)>. Acesso em: 10 set. 2017.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica. B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, maio/ago. 2013.
- CUNHA, R. C. O. B. Pelas telas, pelas janelas: a coordenação pedagógica e a formação de professores/as nas escolas. 2006. 288p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- FERREIRA, Nara Syria Carapeto; AGUIAR, Marcia Ângela (orgs). (2006). Gestão da Educação: Impasses, perspectivas e compromissos. 5ª ed. São Paulo: Cortez.
- LEMOS. André. Ciberespaço e Tecnologias móveis. Processos de Territorialização e Desterritorialização na Cibercultura. UFBA. 02/12/2005. <https://www.facom.ufba.br/ciberpesquisa/andrelemos/territorio>
- LIBÂNIO, José Carlos; OLIVEIRA, João Ferreira de; TOSCHI, Mirza Seabra. (2003). Educação escolar: políticas, estrutura e organização. São Paulo: Cortez.
- ORLANDI, Eni de Lourdes Puccinelli. (2010). Análise de Discurso: Princípios & Procedimentos. Porto Alegre.
- SCHLÜNZEN JÚNIOR, Klaus. (2013). Formação docente, gestão e tecnologias: desafios para a escola- volume 4- D30-Unesp/Univesp-1ª edição graduação em pedagogia.

# Capítulo 3



10.37423/210704444

## UM FRAMEWORK DE BIG DATA PARA PROMOÇÃO DA E-CIÊNCIA NA SAÚDE

*Adriana Benício Galvão*

*Laboratório de Inovação Tecnológica em  
Saúde; Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte*



**Resumo:** Diante do contexto atual de crescente produção de dados e forte potencial de criação de valor na saúde por meio da exploração e análise de dados, este artigo apresenta um framework projetado com o objetivo de facilitar a implementação de software para análise de grande volume de dados e, desse modo, promover a e-ciência na saúde. O funcionamento geral do framework é apresentado e são mencionadas tecnologias para sua implementação. Contudo, vale ressaltar que, para ampla utilização do framework, são necessárias iniciativas de cooperação e compartilhamento de dados entre sistemas de saúde.

## 1. INTRODUÇÃO

Em meio ao quarto paradigma da ciência (Gray, 2009), que se baseia na computação intensiva de dados, há grandes perspectivas em relação aos benefícios que podem ser conseguidos com a exploração de grandes e heterogêneos conjuntos de dados. Na saúde, muito tem se falado em medicina baseada em evidências, na individualização dos tratamentos médicos, na agregação de diferentes bases de dados para obter diagnósticos mais precisos que os produzidos com dados isolados, em previsões de surtos de doenças, no monitoramento da eficácia de tratamentos e intervenções de saúde, etc. Entretanto, ainda há grandes barreiras a serem enfrentadas para a concretização dessas perspectivas. Para Gray (2009), é necessário produzir melhor as ferramentas para suportar todo o ciclo de pesquisa: desde a captura e o tratamento de dados até a análise e visualização de dados. De fato, nos últimos anos, tem havido um crescente e contínuo avanço no desenvolvimento de ferramentas promissoras. As tecnologias de *big data* oferecem a possibilidade de trabalhar com um grande volume de dados, que podem ter origem em diversas fontes e estar em uma variedade de formatos, além de agregar maior velocidade de processamento e maior confiabilidade em relação à perda de dados, aumentando o potencial das análises na descoberta de evidências valiosas. Entretanto, o uso efetivo das tecnologias para *big data* na saúde é pouquíssimo significativo. Conforme Mehta & Pandit (2018), não há evidências mínimas sobre como a Análise de *Big Data* pode melhorar a qualidade dos cuidados na saúde e não há estudos de avaliação econômica sobre sua relação custo-benefício. Ademais, existem grandes dificuldades relacionadas à complexidade do uso das tecnologias disponíveis e à escolha do conjunto de ferramentas corretas para as finalidades pretendidas (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

É razoável afirmar que *big data* têm grande papel na evolução da e-Ciência, uma vez que grande parte das intenções da e-Ciência pode ser implementada tecnicamente por tecnologias de *big data*, como o compartilhamento de dados utilizados e gerados por diferentes pesquisadores. Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar um *framework* de experimentação para e-Ciência suportado por tecnologias de *big data*, com potencial contribuição para o surgimento de estudos práticos e quantitativos na saúde pública. A proposta do *framework* é permitir a colaboração no desenvolvimento de soluções em saúde entre epidemiologistas, praticantes da área e estatísticos, por exemplo, ao passo que abstrai complexidades relacionadas a competências técnicas específicas, como ao processamento do grande volume de dados. Desse modo, analistas podem realizar suas análises com foco nas questões de interesse, aplicando suas técnicas de domínio. Além de tudo, o *framework*

viabiliza o rápido início no desenvolvimento de programas experimentais para análise de *big data* na saúde e permite incrementos progressivos de suas funcionalidades.

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos buscaram elaborar ou utilizar *frameworks* arquiteturais de *big data* para aplicar em seus estudos. Raghupathi & Raghupathi (2014) esboçou um *framework* pioneiro no contexto de *big data* para o domínio da saúde, que consiste nas camadas de fonte de dados, transformação, plataforma e aplicações analíticas. Wang & Hajli (2017) encontrou que os recursos da análise de *big data*, com potenciais benefícios na indústria da saúde, são principalmente acionados por um componente de processamento de dados, seguido por uma agregação de dados e um componente de visualização de dados. De modo geral, os trabalhos mencionados identificaram os distintos e relevantes componentes de uma arquitetura de *big data*. O presente *framework* considera no seu projeto tais componentes consolidados na literatura. No entanto, acrescenta uma abordagem de implementação para os componentes de aplicações analíticas e processamento do grande volume de dados, no intuito de atenuar problemas relacionados ao fato de que, diferente das ferramentas tradicionais de análise de saúde, as ferramentas de análise de *big data* são complexas, requerem muita programação e exigem a aplicação de várias habilidades. Elas surgiram de maneira *ad hoc*, principalmente, como ferramentas e plataformas de desenvolvimento de código aberto e, portanto, não têm o suporte e a facilidade de uso das ferramentas proprietárias (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

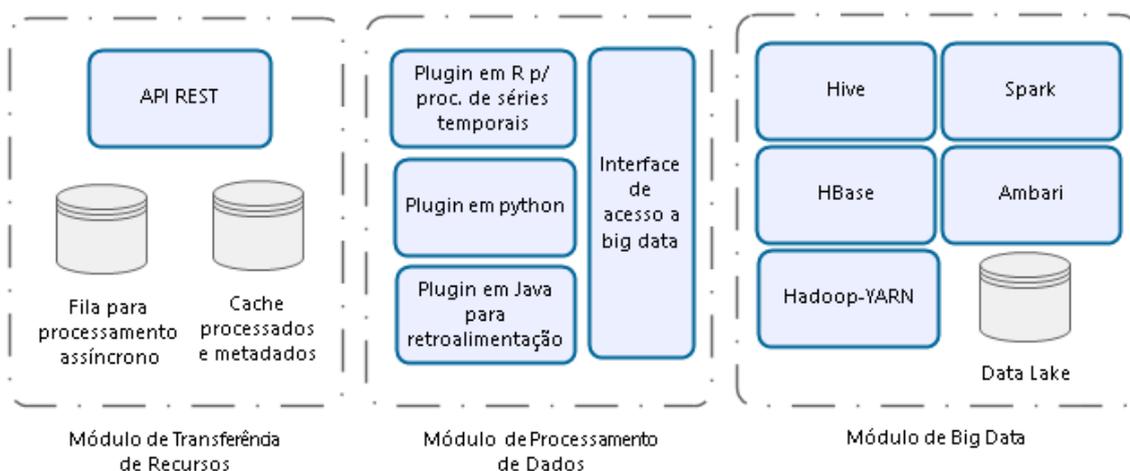
## 3. O FRAMEWORK

O *framework* de experimentação para e-Ciência na saúde foi idealizado tendo em vista a facilitação da análise de *big data* em estudos da saúde. É composto por três módulos principais (figura 1): Módulo de *Big Data*, Módulo de Processamento de Dados e Módulo de Transferência de Recursos. O Módulo de *Big Data* (MBD) lida diretamente com os dados em uma variedade de formatos, provenientes de distintos Sistemas de Informação em Saúde (SIS). Esses sistemas podem ter, por exemplo, dados biométricos, imagens médicas, registros de sinais vitais, prontuários digitalizados, etc. Como exemplos de sistemas de base nacional, podem ser citados: SIA (Sistema de Informações Ambulatoriais), GAL (Sistema de Gestão de Ambiente Laboratorial), Hórus (Sistema Nacional de Assistência Farmacêutica), SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), entre outros. O objetivo do MBD é permitir o processamento do grande volume de dados em tempo viável, paralelizando e distribuindo o

processamento entre vários servidores. Associadas a ele, estão as ferramentas de monitoramento e gerenciamento de recursos computacionais e de ingestão dos dados. De modo geral, este módulo é composto por tecnologias do ecossistema Hadoop, como Hadoop-Yarn, HBase, Storm, Hive, Spark, Ambari, etc.

No Módulo de Transferência de Recursos (MTR) é implementada a API (*Application Programming Interface*) do *framework*, podendo ser utilizada por aplicações clientes por meio de REST (*Representational State Transfer*). A API permite obter metadados dos dados armazenados no Módulo de *Big Data*, de modo que usuários possam selecionar aqueles com que desejam trabalhar e aplicar as funções desejadas. O módulo possui uma base de dados que contém os resultados dos processamentos finalizados, possibilitando que o serviço REST disponibilizado pelo *framework* retorne os mesmos resultados para requisições com parâmetros de entrada iguais. Isso permite, junto à fila de requisições, que as requisições de processamento feitas ao serviço não fiquem necessariamente aguardando resposta; elas podem ser consultadas posteriormente, sem desencadear um novo processamento. Os resultados gerados em estudos pioneiros podem ficar disponíveis para outros estudos no próprio banco de dados do MTR ou podem retroalimentar o sistema, ou seja, podem ser carregados de volta para o Módulo de *Big Data*.

O Módulo de Processamento de Dados (MPD) submete funções ao Módulo de *Big Data*. Um determinado grupo de funções do MPD compõe a Interface de *Big Data*, que diz respeito às funções específicas que conectam a linguagem de programação e a tecnologia do ecossistema Hadoop utilizadas. O *framework* tem suas funções adicionadas por meio de *plugins*, os quais podem ser incluídos por diferentes analistas com objetivos distintos e específicos, por exemplo: importar dados de um determinado sistema de saúde; criar séries temporais; realizar processamento para auxiliar na descoberta de padrões de comportamento epidemiológicos, correlações, periodicidades, intervenções não programadas e seus efeitos; investigar novas formas de ação preventiva de doenças, entre outras questões. Uma versão do MPD foi desenvolvida no Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), como parte do projeto Sífilis Não. A versão conta com funções para processamento de grandes séries temporais, as quais foram aplicadas no estudo de séries temporais correspondentes às notificações dos casos de Sífilis, registradas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) durante um período específico, com cruzamento de dados do Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS (SIA).



**Figura 1. Representação do *framework* experimental para e-Ciência com exemplos do uso de tecnologias de *big data* e plugins.**

## 4. CONCLUSÕES

O *framework* apresentado, de forma geral, propõe a interação com *big data* de forma transparente para as aplicações clientes e uma sistematização do uso de tecnologias para análise de grande volume de dados, como forma de facilitar e, conseqüentemente, promover a e-Ciência na área da saúde, além de contribuir para uma adoção mais ampla de *big data* na área. Foi planejado para atender características da e-Ciência, como compartilhamento de dados diversos e reuso. Além disso, é implementado como um serviço *online* que permite selecionar dados e funções e iniciar processamentos sob demanda e de forma escalável, de modo a viabilizar análises para atender necessidades de negócio, assim como avaliações técnicas sobre a execução de determinados métodos muito utilizados em estudos de saúde, considerando um ambiente de grande volume de dados. Vale destacar que, para a ampla utilização de *frameworks* como o apresentado neste artigo, é necessário vencer obstáculos relacionados ao compartilhamento de dados críticos, à cooperação entre os diversos sistemas de saúde pública, entre outros.

## REFERÊNCIAS

Gray, J. (2009). Jim Gray on eScience: A Transformed Scientific Method. Microsoft Research. <<http://itre.cis.upenn.edu/myl/JimGrayOnE-Science.pdf>>

Mehta, Nishita & Anil Pandit (2018). Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 57-65.

Raghupathi, Wullianallur & Viju Raghupathi (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential, *Health Information Science and Systems*.

Wang, Yichuan & Nick Hajli (2017). Exploring the path to big data analytics success in healthcare, *Journal of Business Research*.

# Capítulo 4



10.37423/210704455

## AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DO PROTOCOLO DE ROTEAMENTO RPL COM CENÁRIOS DE PERDAS DE NÓS NA REDE.

*Frederico de Oliveira Sales*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Yelco Marante*

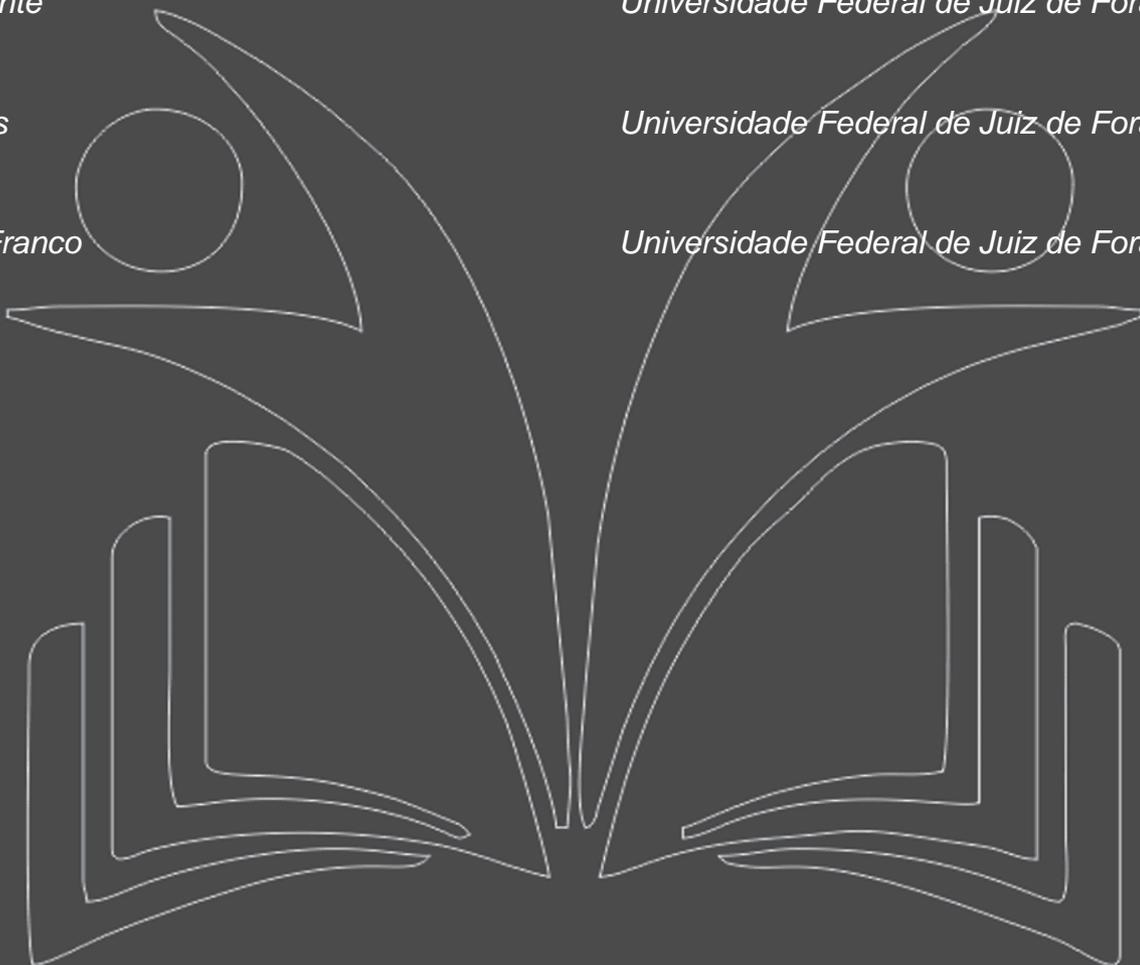
*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Alex Borges*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*

*Edelberto Franco*

*Universidade Federal de Juiz de Fora*



**Resumo:** Os nós sensores são dispositivos eletrônicos de custo módico capazes de se auto organizarem em redes de baixo consumo energético e suscetíveis a perdas de pacotes, possuem limitações computacionais e energéticas. Para essas redes, o IETF padronizou o protocolo de roteamento RPL (Protocolo de Roteamento para Redes de Baixa Potência e Perdas), no qual os nós secundários selecionam um melhor pai em relação ao nó receptor de acordo com algumas funções objetivos (OFs). Nesse trabalho propomos a avaliação do consumo energético do RPL com cenários de perdas de nós na rede. Nós fizemos simulações no Contiki Cooja 3.0 considerando as métricas ETX e HOP para avaliar três topologias: árvore, circular e em malha. Nossos resultados das simulações mostraram que a topologia circular teve o melhor (menor) consumo energético de 15% sob a topologia em malha e 30% sob a topologia árvore.

## 1. INTRODUÇÃO

As redes RSSFs apresentam questões desafiadoras relacionadas á confiabilidade da comunicação e ao uso eficiente da bateria do nó. Em particular, o roteamento é um problema crucial nas RSSFs, devido ás possíveis falhas de comunicação, e limitada largura de banda e energia disponíveis. Desta forma, são necessárias técnicas sofisticadas para configurar e manter caminhos confiáveis, bem como para detectar prontamente falhas de link, sem desperdiçar energia e recursos de comunicação.

Nesse trabalho observamos a necessidade de se conhecer previamente determinadas características da topologia para a justificativa econômica e ecológica deste recurso.

Assim, avaliamos o consumo energético do RPL com cenários de perdas de nós na rede.

Nós fizemos simulações no Contiki Cooja 3.0 considerando as métricas ETX e HOP para avaliar três topologias: árvore, circular e em malha.

Os resultados mostram que o RPL tem excelente desempenho quanto a durabilidade da rede de sensores. Mais ainda, outro resultado significativo encontrado é com relação á influência da topologia no consumo energético da rede. A topologia circular apesar de ter restrições geográficas no sensoriamento se mostrou a melhor quanto ao consumo energético. Mais precisamente, a topologia circular teve o melhor (menor) consumo energético de 15% sob a topologia em malha e 30% sob a topologia árvore.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) Avanços recentes na comunicação sem fio e na eletrônica permitiram o desenvolvimento de nós de sensores multifuncionais de baixa potência e baixo custo. Esses sensores têm a capacidade de detectar, processar e enviar/receber informações em curtas distancias.

Em geral, estão presentes de forma densa, a fim de coletar dados de alta precisão e executar outras tarefas complexas relacionadas tanto à coleta quanto a disseminação de informações. Porém, deve-se levar em consideração suas limitações.

Protocolo de Roteamento para Redes de Baixa Potência e Perdas (RPL) O RPL é um protocolo de roteamento pró -ativo leve e requer apenas pequenos recursos de energia e memória para operar, o que o torna uma excelente escolha para redes com limitações, como as da Internet das Coisas (IoT). O

RPL é flexível e personalizável para adaptar os requisitos de aplicações IoT heterogêneas. Isso é possível com a ajuda de

Funções de Objetivo (OF). As OFs se baseiam em métricas para indicar as melhores rotas existentes [Alvi et al. 2017]. As métricas de roteamento são selecionadas de acordo com a operação de rede ou demanda da aplicação. Elas tentam maximizar ou, em alguns casos, minimizar a OF para alcançar o melhor desempenho. Para evitar qualquer loop de roteamento, o RPL utiliza pesos associados à classificação de cada nó no grafo.

### MÉTRICAS DE ROTEAMENTO

A métrica de roteamento ETX (Expected Transmission Count) [Alvi et al. 2017] é baseada no número esperado de tentativas de transmissão de pacote de dados necessárias para transmitir com sucesso o pacote. É uma métrica baseada na qualidade do link que enfatiza a taxa de entrega de pacotes entre dispositivos de comunicação e não estatísticas de nível de nó. O ETX não considera o comprimento do caminho e pode selecionar caminhos mais longos. Além disso, as condições do canal são dinâmicas e é por isso que a comutação frequente dos pais é altamente provável. Já na métrica de roteamento HOP a decisão de seleção pai preferencial é baseada no número de saltos entre o nó emissor e o nó coletor.

Essa métrica seleciona o caminho com um número mínimo de saltos. Claramente, essa é uma métrica baseada em rede que tenta enfatizar o número de saltos, em vez de estatísticas de nó ou link [Alvi et al. 2017].

### 3. PROPOSTA

Os testes são implementados usando o simulador Cooja do Instant Contiki 3.0, utilizando as duas funções objetivos: ETX (MRHOF) [Gnawali and Levis 2012] e HOP (OF0) [Thubert 2012]. No Contiki, o uso do HOP resulta no uso de contagem de saltos e o uso de ETX que é baseada na qualidade dos links, as duas estão disponíveis no simulador Cooja.

Neste estudo a abordagem inovadora será de utilizar faixas de transmissão/interferência nas topologias e em cada cenário tirar um percentil da quantidade de nós da rede para avaliar a resiliência e o consumo de energia. Esse percentil será simulando a falha de nós de maneira aleatória quem tiver um alto consumo de energia e não seja um nó sem filho. Nos testes há três topologias de rede distintas: árvore, circular e em malha. Cada cenário é executado durante 10 minutos e com duas faixas de

transmissão/interferência diferentes. O projeto foi realizado utilizando um planejamento fatorial completo com as combinações possíveis em todos os níveis de todos os fatores. Um estudo de desempenho com k fatores, com o fator i tendo  $n_i$  níveis, requer n experimentos, onde:  $n = \prod_{i=1}^k n_i$

#### 4. AVALIAÇÃO

Os parâmetros para os testes são mostrados na tabela 1. Nove testes são realizados com diferentes topologia, número de nós e faixa de transmissão/interferência.

Tabela 1. Parâmetros dos Testes.

Parâmetros	Valores	
Funções de Objetivos	OF0	MRHOF
Métricas	HOP	ETX
Faixa de Transmissão/Interferência	50/100m, 70/90 m	
Topologias	Árvore, Circular, Malha	
Tempo da Simulação	10 min	
Número de Nós	10, 20 e 30	
Tipo de Nós	Sky Motz	
Modo do canal sem fio	UDGM	

##### 4.1. RESULTADOS DOS TESTES

Os cenários simulados nas topologias em árvore são mostrados na Figura 1; circular, na Figura 2; e em malha são mostrados na Figura 3. As médias dos consumos de energia: na topologia em árvore podem ser observados na Tabela 2, na topologia circular podem ser observados na Tabela 3 e na topologia em malha podem ser observados na Tabela 4.

##### TOPOLOGIA EM ÁRVORE

A métrica ETX com 50/100m teve o maior consumo de energia nos cenários das perdas de nós, consumindo mais de 25% da energia a partir dos cenários superiores de 20% de perdas de nós. O que pode ser observado em relação às métricas é que ambas apresentam melhor desempenho na faixa de transmissão/interferência 70/90m, com o menor consumo de energia em todos os cenários das perdas de nós do HOP com 70/90m. À medida que o percentil de perdas de nós aumenta, as duas métricas aumentam ligeiramente o consumo de energia, mas a métrica ETX aumenta em maior proporção.

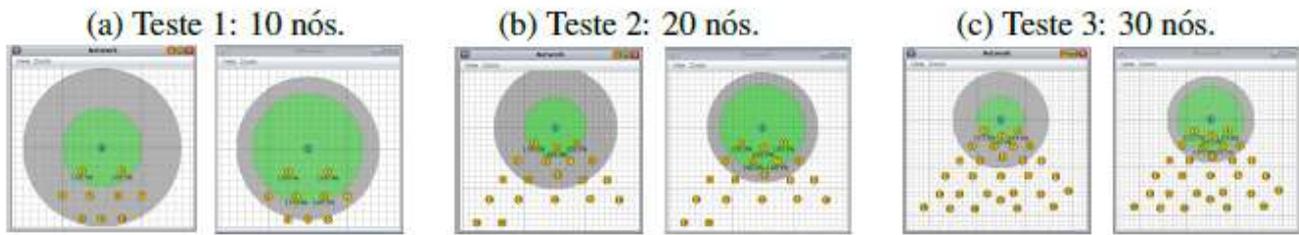


Figura 1. Topologia em árvore. (E) 50/100m - (D) 70/90m.

Tabela 2. Consumo de Energia na topologia em árvore.

Nós	Perdas (%)	Transm/Interf	Consumo (mW)		Transm/Interf	Consumo (mW)	
			ETX	HOP		ETX	HOP
10	0	50/100m	1,217 ± 0,058	1,238 ± 0,115	70/90m	1,177 ± 0,056	1,143 ± 0,062
	10		1,392 ± 0,160	1,377 ± 0,212		1,276 ± 0,136	1,236 ± 0,105
	20		1,856 ± 0,435	1,395 ± 0,249		1,396 ± 0,187	1,271 ± 0,114
20	0	50/100m	1,357 ± 0,093	1,320 ± 0,109	70/90m	1,338 ± 0,086	1,283 ± 0,096
	10		1,470 ± 0,163	1,511 ± 0,207		1,443 ± 0,127	1,343 ± 0,122
	20		1,706 ± 0,206	1,538 ± 0,221		1,571 ± 0,165	1,414 ± 0,136
	30		1,978 ± 0,378	1,582 ± 0,189		1,642 ± 0,147	1,472 ± 0,153
	50		1,627 ± 0,170	1,493 ± 0,144		1,524 ± 0,117	1,455 ± 0,135
30	0	50/100m	1,823 ± 0,208	1,610 ± 0,205	70/90m	1,604 ± 0,121	1,471 ± 0,130
	10		2,086 ± 0,258	1,615 ± 0,226		1,865 ± 0,231	1,538 ± 0,166
	20		2,212 ± 0,327	1,680 ± 0,256		1,904 ± 0,237	1,550 ± 0,163
	40		2,267 ± 0,374	1,709 ± 0,270		2,155 ± 0,776	1,593 ± 0,174
	50						

## TOPOLOGIA CIRCULAR

A métrica ETX com 50/100m teve o maior consumo de energia nos cenários das perdas de nós, com exceção no caso de 10 nós que o maior consumo foi da métrica ETX com 70/90m porque a topologia fez que todos os nós se comunicaram com o nó sink então com 70/90m teve maior consumo pelo uso da potência de transmissão. O que pode ser observado em relação às métricas é que o menor consumo de energia foi em todos os cenários das perdas de nós do HOP com 70/90m. À medida que o percentil de perdas de nós aumenta, as duas métricas aumentam ligeiramente o consumo de energia, mas a métrica ETX aumenta em maior proporção nos casos de 20 e 30 nós.



Figura 2. Topologia circular. (E) 50/100m - (D) 70/90m.

**Tabela 3. Consumo de Energia na topologia circular.**

Nós	Perdas (%)	Transm/Interf	Consumo (mW)		Transm/Interf	Consumo (mW)	
			ETX	HOP		ETX	HOP
10	0	50/100m	1,035 ± 0,031	0,980 ± 0,015	70/90m	1,071 ± 0,021	1,032 ± 0,014
	10		1,054 ± 0,045	0,979 ± 0,020		1,117 ± 0,053	1,028 ± 0,014
	20		1,089 ± 0,033	0,979 ± 0,020		1,122 ± 0,055	1,023 ± 0,013
20	0	50/100m	1,214 ± 0,043	1,136 ± 0,038	70/90m	1,103 ± 0,028	1,068 ± 0,022
	10		1,305 ± 0,063	1,206 ± 0,071		1,157 ± 0,044	1,061 ± 0,020
	20		1,525 ± 0,191	1,247 ± 0,100		1,165 ± 0,004	1,056 ± 0,023
	30		1,885 ± 0,352	1,263 ± 0,107		1,188 ± 0,050	1,050 ± 0,026
30	0	50/100m	1,591 ± 0,120	1,278 ± 0,061	70/90m	1,277 ± 0,036	1,177 ± 0,040
	10		1,723 ± 0,154	1,362 ± 0,079		1,369 ± 0,067	1,234 ± 0,049
	20		1,917 ± 0,240	1,375 ± 0,078		1,477 ± 0,080	1,250 ± 0,053
	40		1,977 ± 0,266	1,390 ± 0,096		1,548 ± 0,095	1,279 ± 0,057
	50		2,075 ± 0,299	1,456 ± 0,148		1,697 ± 0,180	1,302 ± 0,066

## TOPOLOGIA EM MALHA

A métrica ETX com 50/100m teve o maior consumo de energia nos cenários das perdas de nós. No caso da simulação de 10 nós houve pouca diferença dos resultados em comparação com as simulações de 20 e 30 nós. O que pode ser observado em relação às métricas é que ambas apresentam melhor desempenho na faixa de transmissão/interferência 70/90m, com o menor consumo de energia em todos os cenários das perdas de nós do HOP com 70/90m. À medida que o percentil de perdas de nós aumenta, as duas métricas aumentam ligeiramente o consumo de energia, mas a métrica ETX aumenta em maior proporção, com exceção no caso de 10 nós.

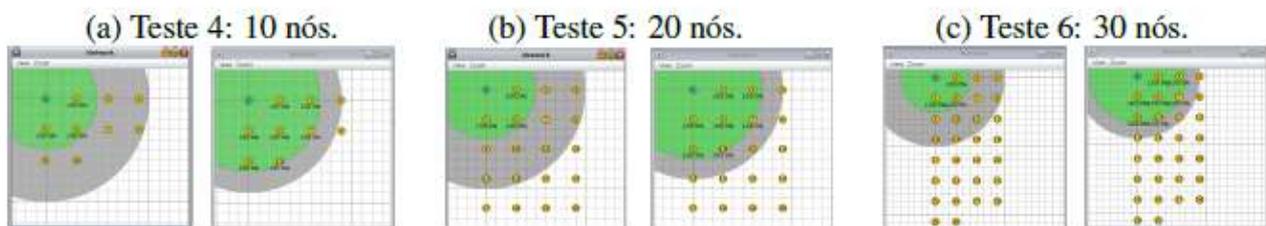


Figura 3. Topologia em malha. (E) 50/100m - (D) 70/90m.

**Tabela 4. Consumo de Energia na topologia em malha.**

Nós	Perdas (%)	Transm/Interf	Consumo (mW)		Transm/Interf	Consumo (mW)	
			ETX	HOP		ETX	HOP
10	0	50/100m	1,212 ± 0,100	1,170 ± 0,081	70/90m	1,174 ± 0,115	1,091 ± 0,066
	10		1,284 ± 0,122	1,281 ± 0,152		1,269 ± 0,164	1,180 ± 0,141
	20		1,448 ± 0,256	1,224 ± 0,077		1,286 ± 0,134	1,189 ± 0,155
20	0	50/100m	1,548 ± 0,135	1,386 ± 0,118	70/90m	1,297 ± 0,061	1,257 ± 0,068
	10		2,186 ± 0,346	1,557 ± 0,163		1,472 ± 0,154	1,421 ± 0,088
	20		2,215 ± 0,445	1,492 ± 0,134		1,561 ± 0,149	1,405 ± 0,086
	30		1,994 ± 0,352	1,425 ± 0,094		1,670 ± 0,239	1,399 ± 0,096
30	0	50/100m	2,354 ± 0,308	1,590 ± 0,159	70/90m	1,458 ± 0,076	1,363 ± 0,074
	10		2,383 ± 0,298	1,817 ± 0,234		1,589 ± 0,172	1,466 ± 0,066
	20		2,480 ± 0,427	1,754 ± 0,197		1,633 ± 0,117	1,427 ± 0,068
	40		2,566 ± 0,473	1,701 ± 0,212		1,699 ± 0,111	1,395 ± 0,068
	50		2,582 ± 0,401	1,653 ± 0,157		1,751 ± 0,149	1,416 ± 0,077

## 4.2. AVALIAÇÃO DOS TESTES

Para avaliar as diferentes topologias utilizadas se aplicou a comparação mediante o método das observações pareadas utilizando um nível de confiança = 95% para poder concluir qual é a melhor métrica em cada cenário apresentado. Nos 6 cenários simulados da topologia em árvore, os resultados mostraram que a métrica HOP foi equivalente em 3 cenários (10 nós com 50/100m e 70/90m, 20 nós com 50/100m) e melhor em 3 cenários (20 nós com 70/90m, 30 nós com 50/100m e 70/90m). Nos 6 cenários simulados da topologia circular, os resultados mostraram que a métrica HOP foi equivalente em 2 cenários (10 nós com 70/90m, 20 nós com 50/100m) e melhor em 4 cenários (10 nós com 50/100m, 20 nós com 70/90m, 30 nós com 50/100m e 70/90m). Nos 6 cenários simulados da topologia em malha, os resultados mostraram que a métricas HOP foi equivalente em 2 cenários (10 nós com 50/100m, 20 nós com 70/90m) e melhor em 4 cenários (10 nós com 70/90m, 20 nós com 50/100m, 30 nós com 50/100m e 70/90m).

Após as comparações das topologias separadamente, foi feita a comparação da topologia árvore com a circular. Nesse caso as comparações foram feitas só com a métricas HOP que foi o resultado da melhor métricas nas avaliações feitas por cada topologia separada.

Os resultados foram dos 6 cenários simulados a topologia circular foi melhor em todos os cenários. Seguidamente, foi feita a comparação da topologia circular com a malha. Igualmente as comparações foram feitas só com a métrica HOP. Os resultados foram dos 6 cenários diferentes a topologia circular foi melhor em todos os cenários.

## 5. TRABALHOS RELACIONADOS

Nós sensores têm energia de bateria limitada e podem estar em qualquer lugar, incluindo áreas de acesso difícil, não sendo possível recarregar ou substituir suas baterias. Portanto, o consumo de energia de cada nó do sensor deve ser minimizado para que a vida útil total da rede seja aumentada. Em [Husni et al. 2012] foi proposta uma técnica para melhorar o consumo de energia que funciona desligando os nós aleatoriamente de acordo com os critérios e condições definidas. Foi feito usando o simulador NS2 com o protocolo de roteamento AODV e uma certa quantidade fixa de nós, mas não considerou fazer as simulações variando a quantidade de nós nem mudando a topologia. Utilizando o simulador Cooja, existem vários trabalhos feitos em termos de desempenho de métricas, enquanto as métricas ETX e HOP estão disponíveis, somente a métrica ETX é usada na maioria dos estudos relacionados. [Thomson et al. 2016] fez a avaliação de desempenho das métricas ETX, HOP e Energia

do RPL em ambientes com faixas de transmissão estendidas variando a quantidade de nós, a topologia e as faixas de transmissão/interferência.

Mas, esse trabalho não considerou avaliar o consumo de energia através da resiliência da rede como foi apresentado por esta pesquisa.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Apresentamos uma avaliação de desempenho do consumo de energia do protocolo de roteamento RPL, usando o simulador Cooja 3.0. Para as simulações foram realizados testes com cenários distintos em relação à topologia, quantidade de nós, faixa de transmissão/interferência e métrica específica e as comparações foram feitas com um nível de confiança de 95%. Destacamos como principal contribuição a técnica de se obter um certo percentual de nós uma vez que a rede já está estabelecida para observar seu comportamento. Com base nos resultados obtidos, observamos o melhor desempenho do consumo de energia da rede utilizando uma topologia circular com a métricas HOP. Nossos resultados estatísticos foram alcançados através do método das comparações pareadas e indicaram o seguinte: a topologia em árvore, circular e em malha com a métricas HOP teve o menor consumo de energia em comparação com a métrica ETX. Quando avaliadas em conjunto, a topologia circular teve o menor consumo de energia em comparação com as outras topologias com a métrica HOP. Com relação às três topologias utilizadas nos testes, pode-se concluir que uma topologia circular resulta em melhor desempenho em relação à manutenção do número de nós. Já uma topologia de árvore exige consideravelmente mais dos nós do primeiro salto, e também pode causar outros gargalos na rede. Trabalhos futuros incluem a criação de novas métricas para o RPL considerando os métodos de descoberta e ciência de topologia em redes sem fio.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio de CAPES, CNPq, FAPEMIG, FAPERJ e FAPESP.

## REFERÊNCIAS

- Alvi, S. A., ul Hassan, F., and Mian, A. N. (2017). On the energy efficiency and stability of rpl routing protocol. In IEEE IWCMC.
- Gnawali, O. and Levis, P. (2012). The minimum rank with hysteresis objective function (No. RFC 6719).
- Husni, H., Enzai, N. I. M., Rais, N. A. M., and Jusoh, Z. (2012). Evaluation of random node shutdown in wireless sensor network for improving energy efficiency. In IEEE BEIAC.
- Thomson, C., Wadhaj, I., Romdhani, I., and Al-Dubai, A. (2016). Performance evaluation of RPL metrics in environments with strained transmission ranges. In IEEE AICCSA.
- Thubert, P. (2012). Objective function zero for the routing protocol for low-power and lossy networks (RPL) (No. RFC 6552).

# Capítulo 5



10.37423/210704456

## JOGOS DIGITAIS COMO ESTRATÉGIA PARA DESENVOLVER O PENSAMENTO COMPUTACIONAL NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

*Valéria Maria dos Santos Silva*

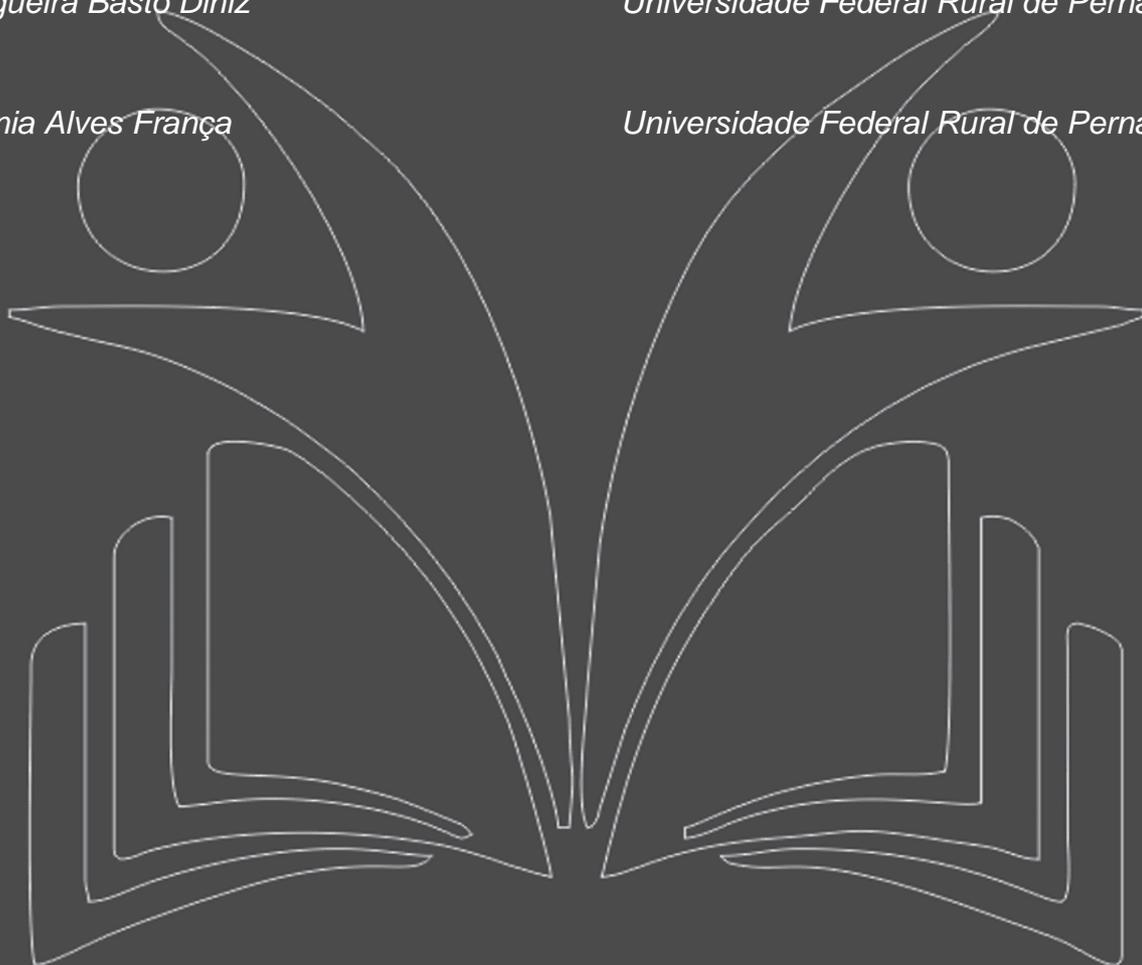
*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

*Juliana Regueira Basto Diniz*

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*

*Sonia Virginia Alves França*

*Universidade Federal Rural de Pernambuco*



**Resumo.** *É possível encontrar vários trabalhos que relatam o uso de jogos digitais em sala de aula com o objetivo de ensinar conceitos de ciência da computação. Na realização de algumas pesquisas os professores aplicam os jogos digitais em sala de aula com o objetivo de desenvolver o pensamento computacional nos alunos. Este artigo apresenta uma revisão sistemática de literatura, que teve como objetivo identificar artigos publicados entre o período de 2014-2018. Na análise dos resultados, foram identificadas vantagens e desvantagens na utilização dos jogos, bem como foram elencadas um conjunto de atividades para aplicação de pesquisa de campo numa escola, da zona da Mata do estado de Pernambuco. Os resultados da primeira etapa da pesquisa de campo também são apresentados como achados da pesquisa através de um experimento com 25 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II.*

## 1. INTRODUÇÃO

Levando em consideração os avanços tecnológicos, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) incentiva ações que permitam o ensino dos conceitos da Computação a partir do ensino básico. O estímulo por parte do órgão ocorre com a intenção de que desde cedo, os princípios e habilidades sejam trabalhados nos estudantes, e desse modo contribuir para a prática da lógica e resolução de problemas, assim como, estimular o interesse pela área, aumentando o número de profissionais no país. Uma das formas de introduzir os conceitos de informática nas escolas é através dos jogos digitais. Marinho e colegas relatam que muitos estudos defendem não apenas o uso dos jogos nas escolas, mas também que o desenvolvimento de jogos digitais por alunos como estratégias de aprendizagem [Marinho et al. 2011]. Os jogos são considerados importantes para o desenvolvimento da coordenação motora e aprendizagem intelectual. Os jogos trabalham aspectos cognitivos [Ramos, 2013], sendo esta uma forma de abrir a mente para a criatividade e aprendizado.

Outro fator relevante para o uso dos jogos é o desenvolvimento do pensamento computacional. O Pensamento Computacional (PC) é definido por Wing (2006), como um processo de resolução de problemas com práticas fundamentadas na Ciência da Computação capaz de estimular o desenvolvimento de habilidades como decomposição, abstração, generalização, raciocínio algorítmico e modularização. Para Wing, o PC é um pensamento do ser humano, ao invés de um pensamento mecânico ou de máquina. Ao fazer uso do PC, o indivíduo desenvolve habilidades importantes, o que pode lhe proporcionar, em curto prazo, sucesso em sua vida pessoal e profissional.

O presente artigo trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de analisar os artigos sobre o uso de jogos digitais para o ensino de programação e desenvolvimento do Pensamento Computacional. A pesquisa foi realizada em trabalhos publicados sobre o tema nos últimos cinco anos (2014 a 2018). A busca foi feita em bases de pesquisa dos Anais de Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Anais do Workshop de Informática na Escola (WIE) e nos Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE). Além disso, apresenta como resultado, uma proposta transversal para o ensino do pensamento computacional e programação utilizando jogos.

O artigo encontra-se organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta estudos que tratam do ensino de computação. A Seção 3 descreve a metodologia utilizada na execução da pesquisa. A Seção 4 descreve como foi feita a seleção dos trabalhos utilizados para a produção desta pesquisa, como também apresenta a lista de artigos pesquisados. A Seção 5 expõe os resultados obtidos a partir das

respostas das questões de pesquisa levantadas na metodologia. A Seção 6 apresenta uma abordagem proposta para a aplicação nos anos finais do ensino fundamental e uma lista com as atividades propostas. A Seção 7 traz os resultados preliminares da experimentação dessa proposta numa escola no interior de Pernambuco. Por fim, as considerações finais sobre o referido trabalho são apresentadas na seção 8, sendo seguida pelas referências bibliográficas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O *Model Curriculum for K–12 Computer Science* (SEEHORN et al. 2011) apresenta a maneira como a Computação como Ciência pode contribuir, de maneira interdisciplinar, na busca de soluções de problemas. Na economia americana, a ciência da computação é peça fundamental, mas, no entanto, apenas 35 estados americanos permitem aos estudantes cursarem cursos de computação no ensino médio.

Nos Estados Unidos, algumas instituições, tais como, Association for Computing Machinery, Code.org, Computer Science Teachers Association, Cyber Innovation Center e National Math e Science Initiative tem trabalhado conjuntamente na definição e desenvolvimento de um padrão conceitual para o ensino da computação na educação básica (*Computer Science Education*). O denominado K–12 Computer Science Framework<sup>1</sup> apresenta-se como uma proposta para o sistema educacional americano se adaptar a visão dos estudantes do século 21 que não são apenas usuários de computador, mas também criadores que são proficientes nos conceitos e práticas da ciência da computação (CSTA et al. 2010).

De acordo com o modelo proposto, no ensino fundamental I, o estudante aprende como passar instruções ao computador através de uma sequência de ações como peças de um quebra-cabeça, criando algoritmos computacionais como desenhos. Pela pouca idade, o estudante entende a computação como uma experiência criativa e com uma ferramenta para sua expressão pessoal. Esse mesmo estudante ao chegar ao ensino fundamental II irá evoluir no uso dos conceitos e compreensão de como o computador trabalha, uma vez que usa o computador e os princípios computacionais para aprimorar suas experiências de aprendizagem em outras disciplinas. A computação apresenta-se como um instrumento para representar e resolver problemas. Quando chega ao ensino médio esse estudante enxerga oportunidades dentro de sua comunidade para aplicar computação de maneira inovadora. Os conceitos e práticas da ciência da computação podem ser empregados para efetivar mudanças autênticas em baixa ou larga escala de interesses.

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Computação elaborou uma proposta de diretrizes para o ensino de computação nos ensinos fundamental e médio entregando-a em julho de 2018 ao Conselho Nacional de Educação. Este documento contempla aspectos relativos à que conceitos devem ser trabalhados em cada ano da educação básica.

Nos Anos Iniciais do ensino fundamental, por exemplo, devem ser trabalhados conceitos relacionados às estruturas abstratas necessárias à resolução de problemas no eixo de Pensamento Computacional. Espera-se que os estudantes entendam as noções básicas de algoritmo e consigam elaborá-los para solucionar diferentes problemas através de linguagens imagéticas ou mesmo a sua própria linguagem natural. Dessa forma, sugere-se que o Pensamento Computacional seja trabalhado inicialmente de forma desplugada nos Anos Iniciais. Para os anos finais do ensino fundamental, os estudantes devem dominar as principais técnicas para construir soluções algorítmicas de maneira a serem executadas por máquinas e/ou computadores, podendo analisar de maneira crítica os problemas e suas possíveis soluções.

### 3. METODOLOGIA

A abordagem utilizada na pesquisa é qualitativa a fim de poder criar argumentações para o seu desenvolvimento. O objetivo da revisão sistemática foi pesquisar e selecionar artigos que apresentam e discutem práticas aplicadas em sala de aula para promover o desenvolvimento do pensamento computacional através de jogos digitais. A metodologia da pesquisa é descritiva visando ampliar o conhecimento sobre jogos digitais e como eles podem ser utilizados para ensino de programação. Após a realização da pesquisa bibliográfica, foi selecionado um conjunto de atividades a serem aplicadas nas escolas da rede pública da região de Surubim, na região da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco.

#### 3.1 QUESTÕES DE PESQUISA

Esta revisão sistemática de literatura tem por objetivo apresentar informações relevantes sobre o contexto do ensino de programação através do uso de jogos digitais. Desse modo foram elaboradas **Questões de Pesquisa (QP)**, com a finalidade de extrair dos dados obtidos, informações relevantes para a construção do trabalho. Seguem as QP:

- **QP1:** Quais conceitos/conhecimentos de programação são abordados/ensinados, com a aplicação do jogo?
- **QP2:** Quais as práticas pedagógicas mais utilizadas como metodologia, para aplicar o estudo?

- **QP3:** Quais métodos de avaliação da aprendizagem mais utilizados?
- **QP4:** Quais vantagens e/ou limitações foram encontradas para aplicação da metodologia?

### 3.2. CONDUÇÃO DA BUSCA

Para realizar esse trabalho foi feita uma pesquisa nos principais meios científicos brasileiros relacionados à informática na educação, conforme pode ser visto na Tabela 1. Foi realizada uma busca manual, nas bases de pesquisas brasileiras, (SBIE), (WCBIE) e na (WIE), através da expressão norteadora “jogos digitais”. A busca foi refinada através dos critérios “apenas artigos”, “pesquisas publicadas de 2014 a 2018” nos idiomas “português” e “inglês”.

**Tabela 1. Fontes de pesquisa de publicações nacionais**

Sigla	Fonte
SBIE	Simpósio Brasileiro de Informática na Educação
WCBIE	Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação
WIE	Workshop de Informática na Escola

Para o artigo ter sido selecionado, ele deveria ter em seu título a expressão de pesquisa. Para uma análise mais profunda foi lido o resumo dos artigos, de modo a escolher os que atendessem os critérios de inclusão, como mostra a Tabela 2. Em relação aos critérios de exclusão, foram desconsiderados os trabalhos que não trariam contribuições à pesquisa, e também estão ilustrados na Tabela 2. Artigos que apresentavam uma revisão sistemática de literatura não foram selecionados, sendo considerados apenas aqueles que descrevem ou aplicam alguma prática pedagógica ou descrevem o uso de jogos digitais como ferramentas de ensino de programação.

**Tabela 2. Critérios de inclusão e exclusão**

Critérios de Inclusão (CI's)	Critérios de Exclusão (CE's)
CI1. Artigos publicados entre os anos de 2014 e 2018. CI2. Trabalhos escritos em português ou inglês. CI3. Artigos completos (com quatro páginas ou mais). CI4. Publicações que possuam em seu título a expressão “jogos digitais AND ensino de programação”. CI5. Artigos que apresentam e discutem o uso de jogos digitais para o ensino de programação no ensino fundamental.	CE1. Artigos no formato de revisão sistemática de literatura. CE2. Artigos que não possuíam em seu título a expressão norteadora de pesquisa. CE3. Artigo duplicado. CE4. Artigos voltados para o ensino de programação no ensino superior ou na educação infantil.

#### 4. SELEÇÃO DE TRABALHOS

Aplicando a expressão de busca foram selecionados 97 artigos, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 3.

**Tabela 3. Seleção de trabalhos**

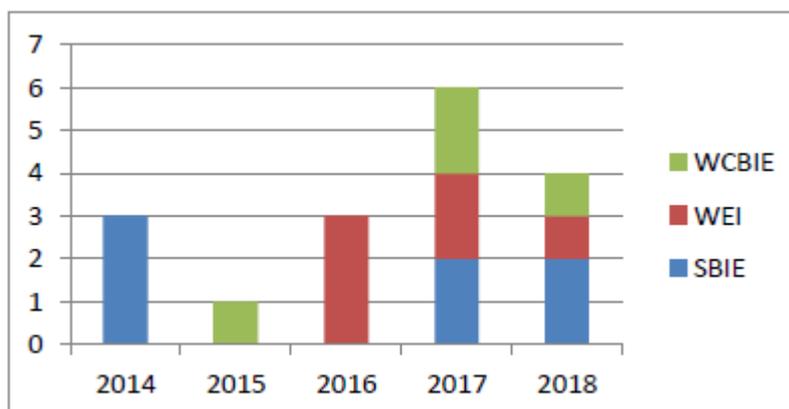
Fonte de Pesquisa	Total	CI's	CE's
SBIE	39	07	32
WCBIE	29	04	25
WIE	29	06	23
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>17</b>	<b>80</b>

Após a leitura do resumo dos artigos e aplicado os critérios de inclusão foram selecionados 17 artigos, ao aplicar os critérios de exclusão, 76 artigos foram excluídos. Os artigos descartados estavam relacionados à pesquisa bibliográfica de revisão sistemática, relatos de experiência com jogos no ensino médio, infantil ou superior. Os artigos selecionados foram lidos para responder as questões de pesquisa. A listagem completa dos 17 artigos está disponível na tabela 4.

**Tabela 4. Lista de Artigos Selecionados**

ID	Título	Evento	Ano
E01	Jogos digitais educacionais como instrumento didático no processo de ensino-aprendizagem das operações básicas de matemática.	SBIE	2014
E02	Um framework para criação de jogos voltados para o ensino de lógica de programação.	SBIE	2014
E03	Conquistando com o Resto: Virtualização de um Jogo para o Ensino de Matemática.	SBIE	2014
E04	Desafios e oportunidades ao ensino do pensamento computacional na educação básica no Brasil.	WCBIE	2015
E05	Um relato de experiência da aplicação de videoaulas de programação de jogos digitais para alunos da educação básica.	WIE	2016
E06	Jogos Digitais no desenvolvimento de conceitos matemáticos sob perspectiva BYOD e abordagem m-Learning na escola pública.	WIE	2016
E07	Experiência de Uso de Jogos Educacionais Digitais Individuais em Contextos de Colaboração.	WIE	2016
E08	FORCA: Um editor de jogo educativo personalizável exportável como objeto de aprendizagem.	SBIE	2017
E09	A Utilização de Role Playing Games Digitais como Ferramenta Complementar no Processo de Aprendizagem de Crianças Deficientes Visuais.	SBIE	2017
E10	Mensurando o desenvolvimento do Pensamento Computacional por meio de mapas auto-organizáveis: um estudo preliminar em uma Oficina de Jogos Digitais.	WCBIE	2017
E11	Desenvolvimento de games na Língua Inglesa: lógica e criatividade na construção do conhecimento.	WCBIE	2017
E12	A Experiência de Alunos de uma Escola Indígena nos Primeiros Contatos com Jogos Digitais de Matemática.	WIE	2017
E13	Aprendizagem Baseada em Projetos: Relato de Introdução da Lógica no Ensino Fundamental	WIE	2017
E14	Uma Abordagem para o Desenvolvimento de Jogos Digitais Educativos no Ensino Básico.	SBIE	2018
E15	Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital educacional sobre aspectos socioculturais de países hispano falantes.	SBIE	2018
E16	O circuito quatro desafios: Atividade lúdica apoiada pelo Pensamento Computacional.	WCBIE	2018
E17	Jogos Educativos no Ensino de Matemática: Qual a Melhor Abordagem?	WIE	2018

A Figura 1 mostra a quantidade de artigos publicados sobre jogos digitais no ensino de programação, distribuídos por ano e evento.



**Figura 1. Número de artigos publicados entre 2014 e 2018**

De acordo com o gráfico na Figura 1 é possível observar, o crescimento do número de publicações que abordam o uso de jogos digitais para o ensino de programação entre os anos de 2014 e 2017, com uma queda no ano de 2015 e o mesmo se repete no ano de 2018, considerando todos os eventos.

## 5. RESULTADOS DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A presente seção expõe os resultados obtidos a partir das respostas das questões de pesquisa (QP) levantadas nesta RSL. A identificação dos estudos é representada pela coluna ID, conforme descrito na Tabela 4. Os resultados serão apresentados e discutidos de forma detalhada, seguindo as questões de pesquisa apresentados na Seção 2.1.

### **QP1: Quais conceitos/conhecimentos de programação são abordados/ensinados, com a aplicação do jogo?**

Os estudos [E2, E4, E11, E13 e E16] abordam os conceitos de lógica de programação. Os estudos [E5 e E13] ensinam comandos e instruções de ensino de programação. Os estudos [E8 e E14] abordam um editor para elaboração de um jogo educativo personalizável como objeto de aprendizagem. O [E10] analisa programas desenvolvidos em Scratch por meio de mapas auto-organizáveis.

### **QP2: Quais as práticas pedagógicas mais utilizadas como metodologia, para aplicar o estudo?**

O uso de jogos digitais foi aplicado em 76,47% dos estudos, o que representa 13 artigos [E1, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E11, E12, E14, E15, E16]. Nos estudos [E13 e E17], utilizou-se o método de

computação desplugada, como também de jogos digitais, e nos estudos [E2 e E10] foram aplicados as práticas de linguagem de programação.

**QP3: Quais métodos de avaliação da aprendizagem mais utilizados?**

Os trabalhos [E1, E4 E6, E15 e E17] avaliam a aplicação do jogo por meio de questionários e observação visual. O estudo [E5] aplicou um questionário on-line e observação visual. O estudo [E7] realizou uma análise individual e análise em grupo através de teste de conhecimento e questionário. O trabalho [E10] realizou uma análise observacional. Os estudos [E2, E8, E9, E11 e E12] não especificaram. No estudo [E13] o projeto estava em andamento.

**QP4: Quais vantagens e/ou limitações foram encontradas para aplicação da metodologia?**

**Vantagens:** Os estudos [E1, E9, E12, E16 e E17] apresentam como vantagem o trabalho em equipe, motivação ao praticar as atividades. [E3] facilita na aprendizagem de conceitos fundamentais de operação de divisão. O trabalho [E5] facilita a compreensão de programação de jogos, motivou a aprender outros conceitos de programação. O trabalho [E6] desenvolve habilidades de raciocínio lógico-matemático, resolução de problemas. O estudo [E7] possibilita a aquisição de novos conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas e meta-cognitiva. O trabalho desenvolvido no estudo [E8, E11] motivou os alunos e aumentou o interesse pelos conteúdos abordados em sala de aula. No estudo [E13] observou-se que os alunos apresentavam autonomia na construção dos conhecimentos e evolução do raciocínio lógico. No estudo [E15] observou-se o desenvolvimento de competências intercultural. Os estudos [E4 e E10] não especificaram vantagens.

**Limitações:** Em 70,58% (12) dos estudos [E1, E2, E3, E4, E5, E7, E9, E10, E11, E13, E14 e E15] não especificaram suas limitações. O estudo [E6] apresentou como limitação, infraestrutura tecnológica precária e ausência de formação de professores. No estudo [E8] observou-se falta de aprofundamento sobre a elaboração de editor de jogos educativos. O estudo [E12] os alunos apresentam poucos conhecimentos em informática, dificuldades em utilizar o mouse e o teclado.

No estudo [E16] os alunos apresentam falta de conhecimento no assunto abordado, incompatibilidade de metodologia, individualidade e dificuldade de ouvir sugestões por parte dos alunos. No estudo [E17], o jogo foi aplicado na plataforma digital e também sem recursos tecnológicos, sendo que a forma desplugada não motivou os alunos, pois esses apresentavam dificuldades em executar os comandos solicitados.

## 6. PROPOSTA TRANSVERSAL DE ENSINO

A presente revisão sistemática de literatura é complementada pela pesquisa de campo em escola de educação básica, na zona da mata norte de Pernambuco, com o intuito de observar como as questões referentes ao ensino do pensamento computacional e da programação podem ser incorporadas ao cotidiano da escola de forma transversal nas disciplinas e através de atividades específicas que envolvam jogos digitais. Assim, apresenta-se aqui uma proposta transversal para ensino do pensamento computacional e programação utilizando jogos. Inicia-se pela computação desplugada, pois através dela é possível desenvolver a linha de raciocínio lógico, sem a necessidade de recursos computacionais. A técnica classificada como computação desplugada foi desenvolvida por Bell e colegas (2011) e consiste em ensinar os fundamentos da computação, através de atividades, sem o uso do computador (BELL et al. 2011). Tais atividades têm despertado o interesse de professores e pesquisadores, e tem sido empregada em diversos países ao redor do mundo (SCAICO et al. 2012).

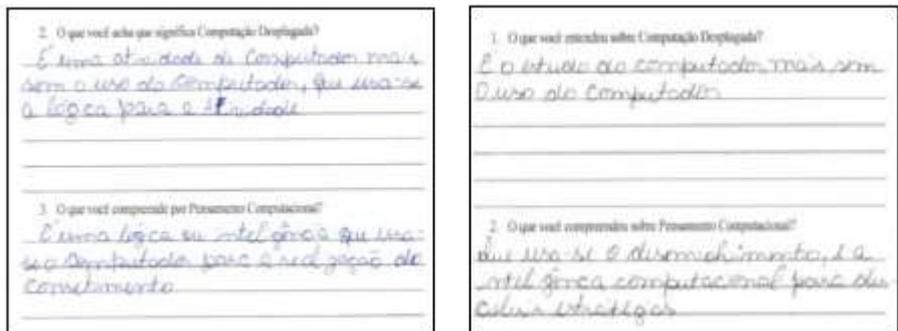
Isso é importante no contexto do presente trabalho, pois diversas escolas da rede de educação pública brasileira estão desatualizadas quando se falam em recursos computacionais, viabilizando que o referido trabalho possa ser aplicado na região. Para a escolha das atividades, foram utilizadas como referência, as atividades propostas por Bell, no livro *Computer Science Unplugged* (BELL et al. 2011) e são descritas a seguir: 1) Números Binários; 2) Representação de Imagem; 3) Programação em blocos; 4) Jogo digital *Lightbot*.

A primeira atividade é simples e objetiva, ensina como ocorre o armazenamento dos dados nos computadores, através de uma série de zeros e uns (sistema binário) com apenas esses dois dígitos os dados são transmitidos e apresentados para o usuário como palavras e números. Em seguida, parte-se para a atividade que utiliza a representação de uma imagem utilizando zeros e uns. A seguir, parte-se para uma ação de maior complexidade, ensinando noções de programação em blocos, culminando com o *lightbot* que é um jogo online, tendo um robô como personagem principal, cuja função é se movimentar para acender as luzes dos ladrilhos de cor escura. O jogador deve executar uma série de comandos (andar, acender, girar para esquerda ou para a direita e pular). Os comandos devem ser organizados de forma que, quando executados em sequência, façam o robô atingir o objetivo esperado. Após o término das etapas, espera-se que estimular o desenvolvimento do raciocínio lógico, pensamento computacional, noções básicas de programação, a partir de comandos visuais e jogos digitais e consequentemente trabalhar a capacidade de resolver problemas.

## 7. APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES NA ESCOLA

Como esse projeto está em andamento, até o momento da construção deste artigo, foram aplicadas as duas primeiras atividades, numa turma do 9º ano, (Ensino Fundamental II) da Escola Municipal São José, escola pública da Zona da Mata Norte, do estado de Pernambuco. Os estudantes desta turma realizam uma vez na semana, no período vespertino, uma aula de reforço. A turma é composta por uma média de 30 alunos. O professor de matemática da turma acompanhou a aplicação das atividades e o processo de aprendizagem. Os materiais utilizados para a realização das atividades consistiram em papel e lápis. Para um melhor aproveitamento das atividades e para que os alunos pudessem entender e tirar suas dúvidas a cerca da resolução das questões, foi aplicado uma atividade por aula. Foram realizados três encontros, com duração de 1 hora cada.

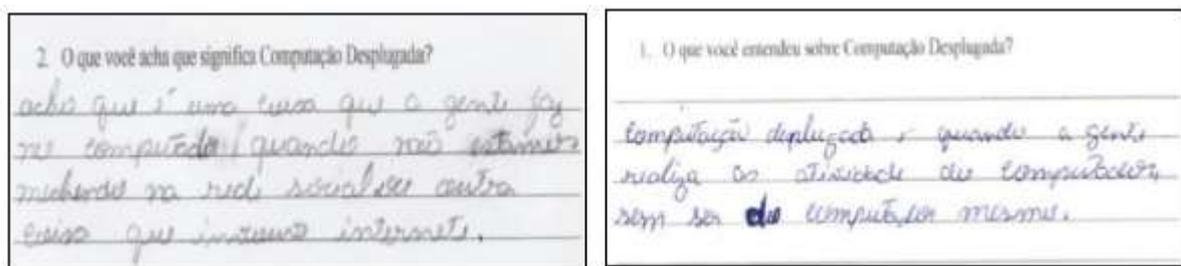
Com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento dos alunos em relação aos conceitos de ciência da computação, e o interesse que os mesmo possuíam em assuntos relacionados à área, foi aplicado um questionário contendo 3 questões, antes do início das atividades (pré-teste), e após o término de todas as atividades (pós-teste). São elas: a) você já utilizou o computador para realizar alguma atividade escolar, ou outras atividades do seu interesse? Sim() Não(), b) O que você compreende por pensamento computacional? b) O que você acha que significa computação desplugada? Os conceitos computacionais trabalhados nas atividades foram: sequência e padrão sequencial, criptografia, representação de imagens, busca e ordenação. Inicialmente foi apresentada aos alunos a finalidade das atividades e em seguida, lhes foi solicitado que respondessem o pré-teste. Os alunos deveriam responder as questões com base em seus conhecimentos prévios ou fazendo uso do seu entendimento pessoal. Nos resultados obtidos com as respostas dos alunos no pré-teste, observou-se que mesmo sem aulas prévias sobre computação, eles possuíam algum conhecimento sobre o assunto abordado. Ao mesmo tempo também foram analisadas as respostas desses mesmos alunos no pós-teste, com o objetivo de fazer comparações entre elas. Na figura 2, encontram-se as respostas de um mesmo aluno no pré-teste e pós-teste. Nos dois casos as respostas do aluno estão semelhantes à definição de Computação Desplugada e Pensamento Computacional.



**Figura 2 - Resposta de um mesmo aluno no pré-teste e pós-teste**

Em alguns casos específicos, os alunos não sabiam ou não tinha ouvido falar em computação desplugada e pensamento computacional, entretanto após a participação nas atividades os alunos conseguiram entender os conceitos de cada um. Na figura 3, encontram-se as respostas de um aluno na questão sobre computação desplugada no pré-teste e ao lado a sua resposta no pós-teste. Na figura 3, observa-se que o aluno tenta explicar que é computação desplugada no pré-teste, mas relacionando a definição ao uso de rede social e acesso a internet. Já na resposta do pós-teste o aluno relaciona a atividades do computador feitas sem o uso do mesmo.

Na atividade *Representação de Imagens* ocorreu um problema com o transporte escolar e apenas 9 alunos compareceram. Nesta atividade, os alunos seguiram um passo a passo para chegar a um desenho específico. A grade onde o desenho foi feito representava os pixels da tela do computador. A folha de atividade continha três grades onde cada uma “escondia” um desenho diferente. Esse desenho era obtido na medida em que os pixels eram preenchidos, seguido um código de decodificação. Esta folha de atividade foi retirada do livro, *Computer Science Unplugged*, produzido por *Tim Bell, Ian H. Witten e Mike Fellows (2011)*.



**Figura 3. Resposta de um aluno no pré-teste e pós-teste sobre computação desplugada.**

Também foi solicitado aos alunos que descrevessem o nível de dificuldade que encontraram em cada um dos desenhos da atividade em: fácil, médio, difícil. A maioria dos alunos classificaram os desenhos como fácil. Na Tabela 5, encontra-se um comparativo entre os desenhos da atividade 2 e o nível de

dificuldade encontrada pelos alunos, para cada um dos desenhos. Outros fatores observados referem-se à falta de erros no preenchimento dos pixels. Alguns alunos sentiram dificuldade em preencher os pixels quando esse iniciava por zero, já que nesse caso a linha começa com um pixel preto.

**Tabela 5. Representação do nível de dificuldade dos desenhos da atividade 2**

	<b>Fácil</b>	<b>Médio</b>	<b>Difícil</b>
<b>Desenho 1</b>	8	1	0
<b>Desenho 2</b>	1	5	3
<b>Desenho 3</b>	3	2	4

## 7. CONCLUSÕES

Nos resultados obtidos através da pesquisa bibliográfica, foi possível identificar, de acordo com os relatos, uma melhora significativa na aprendizagem dos alunos, com uso dos jogos na sala de aula. Os alunos permaneceram motivados e desenvolveram as atividades proposta com êxito. Entre as dificuldades e limitações encontradas pelos pesquisadores na aplicação do jogo, se encontram a falta de infraestrutura nas escolas e a falta de qualificação dos professores com o uso dos jogos. A partir das análises dos artigos foi possível identificar que, para obter resultados positivos, é preciso aplicar os jogos corretamente. Uma vez que os jogos podem ser classificados como ferramentas para desenvolver o aprendizado do aluno de forma lúdica, esses devem ser educativos e bem estruturados, pois devem auxiliar o professor no processo de ensino aprendizagem, mas não substituir totalmente a presença de um docente na sala de aula. Observa-se que a aplicação de atividades utilizando o método da computação desplugada, também pode ser considerada lúdica e atrativa, assim como a utilização dos jogos digitais, pois além de permitir apresentar o conteúdo, também chamou a atenção dos alunos, características encontradas com a aplicação dos jogos digitais para o ensino de programação. Como trabalho futuro, pretende-se dar continuidade a aplicação das atividades 3 e 4, na escola e a partir dos resultados obtidos, propor um plano de ação para incorporar tais práticas e estratégias que envolvam o uso de jogos digitais, adaptados à realidade brasileira, sobretudo a regiões interioranas da região nordeste. Essa metodologia confrontará resultados obtidos na revisão de sistemática de literatura e os dados observados na pesquisa de campo, contemplando as séries finais do ensino fundamental brasileiro.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco no desenvolvimento deste trabalho, através do incentivo à pesquisa, e ao CNPQ, através da concessão de bolsa de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

Bell, T.; Witten, I. e Fellows, M. (2011). “Computer Science Unplugged – Ensinando Ciência da Computação sem o uso do Computador”. Disponível em: <<http://csunplugged.org/>>. Acesso em janeiro de 2019.

Brackmann, C. P. (2017). “Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica”. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>>. Acesso em: fevereiro de 2019.

Marinho, A. R. da S.; Morais, P. S. de M.; Souza, G. R. de; Nascimento, A. S. L. do. “Relato de Experiência Vivenciada no PIBID sobre a Utilização da Computação Desplugada, a Hora do Código e do Scratch no Ensino Médio”. Disponível em:

<<http://portaldeconteudo.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/3507/3466>>. Acesso em: Janeiro de 2019.

Melo, L. de A.; Costa, T. K. de L.; Batista, A. C. D. (2013). “Pense bem: proposta e desenvolvimento de jogo digital para ensino de computação na educação básica”. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2513/2171>>. Acesso em: Fevereiro de 2019.

Ramos, D. K., 2013. Jogos cognitivos eletrônicos: contribuições à aprendizagem no contexto escolar. Ciências & Cognição (UFRJ). Disponível

em:<[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-58212013000100002](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212013000100002)>. Acesso em: Março de 2019.

Rodrigues, S. R. C.; Eduardo Aranha, E.; Silva, T. R. da. (2018). “Computação Desplugada no Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura”. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/7998/5692>>. Acesso em: Janeiro de 2019.

SCAICO, P. D. ; ALENCAR, Y. M.; et al. Relato da Utilização de uma Metodologia de Trabalho para o Ensino de Ciência da Computação no Ensino Médio. Anais do 18º Workshop de Informática na Escola (WIE 2012) - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2012, Rio de Janeiro.

SBC. (2018). Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/educacao/diretrizes-para-ensino-de-computacao-na-educacao-basica>>. Acesso em: Março de 2019.

Werlich, C.; Kemczinski, A.; Gasparini, I. (2018). “Pensamento Computacional no Ensino Fundamental: um mapeamento sistemático”. Disponível em: <<http://www.tise.cl/Volumen14/TISE2018/375.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2019.

Zanetti1, H. A. P.; Borges1, M. A. F.; Ricarte1, I. L. M. (2016). “Pensamento Computacional no Ensino de Programação: Uma Revisão Sistemática da Literatura Brasileira”. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/6677/4566>>. Acesso em: Janeiro 2019.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Commun. ACM, 49(3):33–35.

# Capítulo 6



10.37423/210704463

## ROBÓTICA EDUCACIONAL E PENSAMENTO COMPUTACIONAL: AVALIANDO A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS

*Elizabet M. Spohr de Medeiros*

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

*Kely D. V. Villacorta*

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

*Cristhyan A. Cruz*

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

*João Victor A. Araújo*

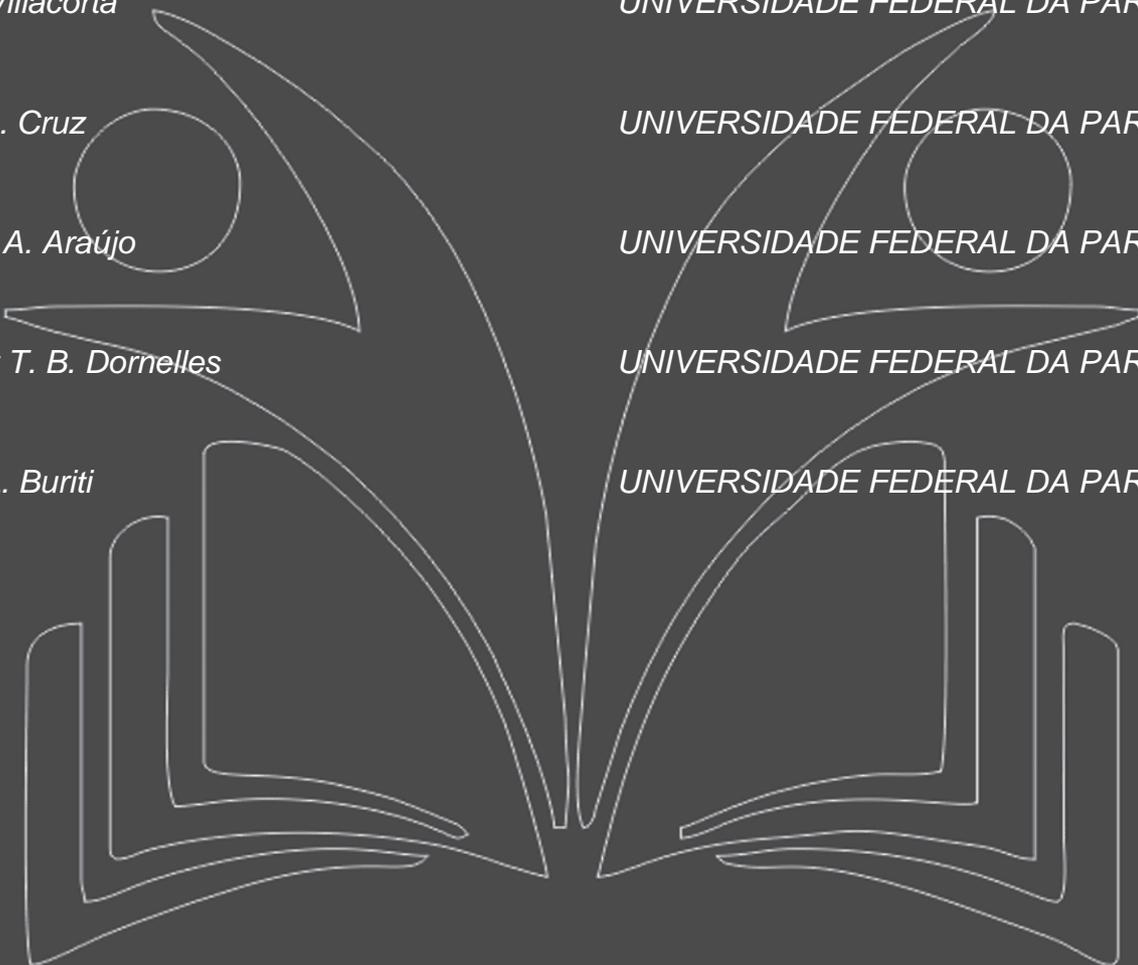
*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

*Ana Beatriz T. B. Dornelles*

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*

*Lorena C. L. Buriti*

*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA*



**Resumo.** *O ensino da Robótica Educacional tem se mostrado desafiador principalmente no quesito da compreensão dos conceitos da programação. As técnicas de Computação Desplugada aliadas ao Pensamento Computacional tem se mostrado um meio eficaz para auxiliar os alunos de Escolas Estaduais na utilização, implementação, montagem e programação dos Kits de Robótica Educacional. Este trabalho mostra alguns métodos utilizados para trabalhar a resolução de problemas, a projeção de sistemas e vários outros conceitos da ciência da computação, e a percepção dos alunos do 1º Ano do Ensino Médio após 4 meses de implantação do projeto.*

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto Robótica Educacional e Pensamento Computacional é um projeto de extensão (Edital PROBEX 2019) com vigência de 10 meses e início em março de 2019. Esse projeto visa auxiliar os alunos e professores na utilização, implementação, montagem e programação dos Kits de Robótica, recebidos através do Projeto de Robótica Educacional do Governo da Paraíba. O uso do pensamento computacional foi incorporado para facilitar a resolução de problemas, projeção de sistemas e compreensão do comportamento humano, através da extração de conceitos fundamentais da ciência da computação [Wing 2006]. Esse projeto está sendo realizado com os alunos do 1º ano do ensino médio da Escola Cidadã Integral Mons. Pedro Anísio Bezerra Dantas, em João Pessoa-PB.

O uso de uma metodologia própria de ensino, lúdica e ao mesmo tempo didática, baseada nos conceitos de computação desplugada [Bell. 2011] e pensamento computacional [Oliveira 2016], mostrou-se eficaz para o desenvolvimento das competências necessárias à robótica educacional. Procura-se fazer com que os alunos pensem de forma crítica, lógica e sistemática para resolução de problemas [Bordini 2017]. Além disso, a montagem dos kits de robótica permite aos alunos o desenvolvimento cognitivo, a experiência do trabalho em equipe e da divisão de tarefas [Oliveira, 2016].

Todas as atividades propostas foram desenvolvidas visando os 4 pilares do pensamento computacional [Wing 2006]: **Decomposição**- onde os alunos tinham que identificar um problema complexo e quebrá-lo em pedaços menores e mais fáceis de gerenciar; **Reconhecimento de padrões**- através da análise individual dos problemas menores com maior profundidade, se pode identificar problemas parecidos, que já foram solucionados anteriormente; **Abstração**- foco apenas nos detalhes que são importantes, enquanto informações irrelevantes são ignoradas; **Algoritmo**- Passos ou regras simples que podem ser criados para resolver cada um dos subproblemas encontrados.

Foram desenvolvidos diversos materiais didáticos para às aulas de pensamento computacional e utilizados os kits de robótica da Fischertechnik (2019) disponíveis na escola. Também foram incorporadas aulas com o software de programação visual em blocos, Code.org, para estabelecer a relação entre o pensamento computacional e a programação dos robôs.

A ideia principal é fazer como sugere Blikstein (2008), introduzir a tecnologia como um Cavalo de Tróia, usando ferramentas familiares, práticas e atividades lúdicas, mediadas por professores, com potencial de causar mudança afetiva e conceitual. De forma que, “quando os estudantes apropriam-se da

tecnologia de Tróia ... são capazes de realizar investigações e construções autênticas” [Blikstein 2008]. Repassando de forma sutil os conceitos da Ciência da Computação [Bundy 2007].

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Projeto PROBEX é realizado por uma equipe de 2 alunos e 2 alunas coordenados por 2 professoras do Centro de Informática da UFPB. O planejamento das atividades é realizado em reuniões semanais e leva em consideração os resultados obtidos nas atividades anteriores. A escola disponibilizou dois laboratórios para execução do PROBEX, um de Robótica (Figura 1) e outro de Informática (Figura 2).



**Figura 1. Laboratório de Robótica**



**Figura 2. Laboratório de Informática**

A metodologia aplicada nas aulas foi: mediante o uso de dinâmicas, trazer de forma lúdica os conceitos de pensamento computacional e de programação de robôs. Desta forma foram trabalhados, por exemplo, conceitos de criptografia (Figura 3) e de algoritmo de busca binária (Figura 4).



**Figura 3. Cifra de Cesar**



**Figura 4. Fita métrica**

A programação foi exercitada por intermédio do site Code.org (2015), aonde os alunos utilizaram determinados jogos para exercitar e fixar o uso da lógica de programação na solução dos problemas apresentados. Desta forma, foram trabalhados os conceitos de programação em blocos, condicionais e laços de repetição.

Segundo Zilli (2002) o ensino da robótica nas escolas tem como objetivo

desenvolver o raciocínio lógico do aluno, facilitar o uso de conceitos aprendidos em outras áreas de conhecimento para desenvolver projetos, trabalhar conceitos de desenho, física, álgebra e geometria, estimular a utilização de teorias em atividades concretas [Zilli 2002].

Os indicadores deste projeto foram baseados nos resultados de dois questionários elaborados pela equipe do PROBEX sobre o tema do projeto, usando perguntas diretas, de múltipla escolha e de fácil entendimento. Os questionários foram aplicados no início do projeto e após quatro meses do projeto implementado na escola.

### 3. RESULTADOS

**Tabela 1. Comparativo entre dados do Questionário Inicial e do Quest. aplicado após 4 meses de Projeto, com relação ao GÊNERO dos estudantes**

Participantes Gênero	Questionário Inicial Freq.	Quest. Após quatro meses de projeto. Freq.
Masculino	49%	45%
Feminino	49%	55%
Outro	2%	0%

**Tabela 2. Comparativo das respostas dos estudantes sobre o nível de dificuldade em resolver problemas**

Questionário Inicial			Questionário após quatro meses de projeto		
Perguntas	Respostas	Freq.	Perguntas	Respostas	Freq.
Sente dificuldade em resolver problemas de lógica	Sempre / Quase sempre	38%	Consegue visualizar melhor a resolução de problemas de lógica	Nunca / Quase Nunca	14%
	Na maioria das vezes	41%		Na maioria das vezes	36%
	Nunca / Quase Nunca	21%		Sempre / Quase Sempre	50%
Sente dificuldade em resolver problemas de matemática	Sempre / Quase sempre	46%	Consegue perceber como aplicar, na prática, os conteúdos vistos durante o projeto	Nunca / Quase Nunca	14%
	Na maioria das vezes	24%		Na maioria das vezes	41%
	Nunca / Quase Nunca / Não respondeu	30%		Sempre / Quase Sempre	46%

**Tabela 3. Comparativo sobre a percepção dos estudantes, sobre robótica educacional e pensamento computacional**

Perguntas	Respostas	Questionário Inicial	Quest. após quatro meses de projeto
		Freq.	Freq.
Você sabe o que é Robótica educacional?	Claro que sei / Sei	16%	91%
	Acho que sei	24%	9%
	Não sei	59%	0%
Você já sabe o que é um Algoritmo?	Claro que sei / Sei	14%	68%
	Acho que sei	16%	18%
	Não sei / Não respondeu	71%	14%
Você já sabe o que é Pensamento Computacional?	Claro que sei / Sei	5%	45%
	Acho que sei	38%	41%
	Não sei / Não respondeu	57%	14%

**Tabela 4. Comparativo sobre o interesse inicial dos estudantes em participar do projeto e a motivação em permanecer no projeto após 4 meses**

	Respostas	Questionário Inicial		Quest. após 4 meses de Projeto
		Freq.		Freq.
Interesse em participar do projeto de robótica educacional e pensamento computacional.	Muito alto / Alto	25%	Motivação em permanecer no projeto	68%
	Moderado	57%		18%
	Baixo	19%		14%

**Tabela 5. Comparativo sobre o interesse dos estudantes nas atividades realizadas durante o projeto**

Quest. após quatro meses de projeto		
Interesse nas Atividades realizadas	Respostas	Freq.
Utilização do Code.Org	Muito alta / Alta	73%
	Moderada	23%
	Baixa	14%
Utilização dos Kits de Robótica	Muito alta / Alta	77%
	Moderada	18%
	Baixa	5%
Aula temática	Muito alta / Alta	81%
	Moderada	14%
	Baixa	5%
Aula teórica	Muito alta / Alta	59%
	Moderada	41%
	Baixa	0%

#### 4. DISCUSSÃO

O total de alunos que responderam ao Questionário Inicial foi de 37 estudantes e o Questionário aplicado após 4 meses de projeto obteve 22 respostas. A faixa etária dos entrevistados variou de 14 a 15 anos, em 2 turmas do 1º ano do ensino médio. A Tabela 1 mostra a declaração de gênero dos entrevistados e revela que houve um aumento no interesse dos estudantes do gênero feminino de 45% para 55% após quatro meses de atividades do projeto.

A robótica educacional é uma área multidisciplinar que integra disciplinas como: matemática, engenharia mecânica, inteligência artificial, inglês, história, entre outras. É um instrumento que permite ao professor demonstrar na prática conteúdos abordados teoricamente, tornando o ensino motivador ao aluno e melhorando sua capacidade de aprendizado [Zilli 2004]. A introdução de

tecnologias como método didático pode colaborar com o aumento da procura pelo conhecimento e o desenvolvimento de muitas outras habilidades necessárias ao aluno.

Os alunos entrevistados foram indagados sobre o nível de dificuldades em resolver problemas e foi possível observar os resultados na Tabela 2, onde 38% sempre ou quase sempre relatam dificuldade em resolver problemas de lógica e que 46% sempre ou quase sempre sente dificuldade em resolver problemas de matemática. Após quatro meses de atividades do projeto pôde-se observar que estes números já melhoraram pois agora apenas 14% ainda não consegue visualizar como resolver problemas de lógica e nem perceber como aplicar, na prática, os conteúdos vistos durante o projeto. Foi perceptível também observar que antes 21% não sentia dificuldades com lógica e, após 4 meses de projeto, 50% afirma que consegue visualizar como resolver problemas de lógica sempre ou quase sempre. O importante foi verificar que 46% (sempre ou quase sempre) e que 41% (na maioria das vezes) dos entrevistados afirmam que conseguem perceber como aplicar, na prática, os conteúdos vistos durante o projeto.

A Tabela 3 apresenta a percepção dos alunos no início e após 4 meses, com relação aos conhecimentos base do projeto. É possível verificar que no início apenas 16% afirmava saber o que é robótica educacional, agora são 91%. O pensamento computacional foi assimilado por 45%, contra 5% no início do projeto. O conceito de algoritmo que no início 71% afirmava que não sabia ou não respondeu foi assimilado completamente por 68% dos estudantes.

O interesse dos estudantes em participar do projeto e a motivação em permanecer no projeto após 4 meses pode ser visto na Tabela 4. Demonstrando que antes de saber do que se tratava o projeto somente 25% dos estudantes tinham interesse, mas depois de quatro meses participando efetivamente do projeto, 68% afirma interesse e motivação em permanecer participando.

Foi verificado também qual o tipo de atividade havia sido mais interessante do ponto de vista de aprendizado para os estudantes. A Tabela 5 apresenta a seguinte classificação com relação ao interesse dos estudantes: Aula temática com 81%, Utilização dos Kits de Robótica com 77%, Utilização do Code.Org com 73% e as Aulas Teóricas com 59%.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados, embora parciais, pois ainda faltam 5 meses para o fim do Projeto, já indicam pontos de avanço significativos como a compreensão dos conceitos básicos do projeto, vistos na Tabela 3,

pensamento computacional, robótica educacional e algoritmos não são mais palavras incompreensíveis.

A mudança na relação dos alunos com o projeto, (Tabela 4), onde 68% demonstra interesse e motivação para continuar participando, foi também observada pela equipe do projeto durante as aulas, a cada aula os alunos demonstravam cada vez mais interesse e evolução tanto no raciocínio lógico quanto no pensamento computacional, realizando as atividades cada vez mais rapidamente. E isso também pôde ser verificado pelos resultados da Tabela 2, onde 50% sempre ou quase sempre consegue visualizar melhor a resolução de problemas de lógica e 36% consegue na maioria das vezes.

Foi possível identificar as atividades que mais prenderam a atenção dos alunos (Tabela 5), classificando-as e permitindo à equipe confirmar que atividades mais lúdicas, com temas que relacionam a teoria à prática, são a melhor forma de repassar o conhecimento de pensamento computacional e robótica educacional.

Finalmente notou-se que na percepção dos alunos, os assuntos deste projeto é refletido em outras disciplinas de tal forma que eles estão utilizando os conhecimentos aprendidos para agregar em outras disciplinas. Conforme pode ser visto na Tabela 2, onde 46% sempre ou quase sempre consegue perceber como aplicar, na prática, os conteúdos vistos durante o projeto e 41% consegue na maioria das vezes.

## REFERÊNCIAS

Bell, T.; Witten, I. H.; Fellows (2011) M. "Computer Science Unplugged - Ensinando Ciência da Computação sem o uso do computador", Disponível em: <https://classic.csunplugged.org/wp-content/uploads/2014/12/CSUnpluggedTeachers-portuguese-brazil-feb-2011.pdf>, Acesso em: 04 de maio de 2017.

Blikstein, P. in Noguera, P. & Silva, C. A.(2008) "Freire and the Possible Dream", TRAVELS IN TROY WITH FREIRE - Technology as an Agent of Emancipation, Sense Publishers, Rotterdam, Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/books/Blikstein-TravelsInTroyWithFreire.pdf>, Acesso em: 15 de junho de 2019.

Bordini, Adriana et al. (2017) "Pensamento Computacional nos Ensinos Fundamental e Médio: uma revisão sistemática", In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE), p. 123.

Brackmann, Christian et al. (2017) "Pensamento Computacional Desplugado: Ensino e Avaliação na Educação Primária Espanhola", In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, p. 982.

Bundy A. (2007) "Computational Thinking Is Pervasive", Journal of Scientific and Practical Computing, vol. 1, n. 2, pp. 67-69.

Code.org (2013) What is Code.org? [S.l.], Disponível em: <http://Code.org>, Acesso em: 10 de novembro de 2016.

FischerTechnik (2019) Disponível em: <http://www.fischerbrasil.com.br>. Acesso em: 15 de junho de 2019

Oliveira, E. J. S. de. (2016), "Pensamento computacional e robótica: um estudo sobre habilidades desenvolvidas em oficinas de robótica educacional". Monografia. UFPB. Disponível em: <http://rei.biblioteca.ufpb.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2857/1/EJSO21062016.pdf>, Acesso em: 15 de junho de 2019.

Wing, J. M. (2006). "Computational thinking". Commun. ACM, 49(3):33–35.

Zilli, Silvana do Rocio (2004) "A Robótica Educacional no Ensino Fundamental: Perspectivas e Prática", Dissertação de Mestrado, Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86930/224814.pdf?sequence=1>, Acesso em: 15 de junho de 2019.

# Capítulo 7



10.37423/210704481

## GERENCIAMENTO DE ROTAS DE DRONES UTILIZANDO AMBIENTES VIRTUAIS

*José Augusto Monteiro Sobrinho*

*Universidade da Integração Internacional da  
Lusofonia Afro-Brasileira*

*Batista Dala Catumba*

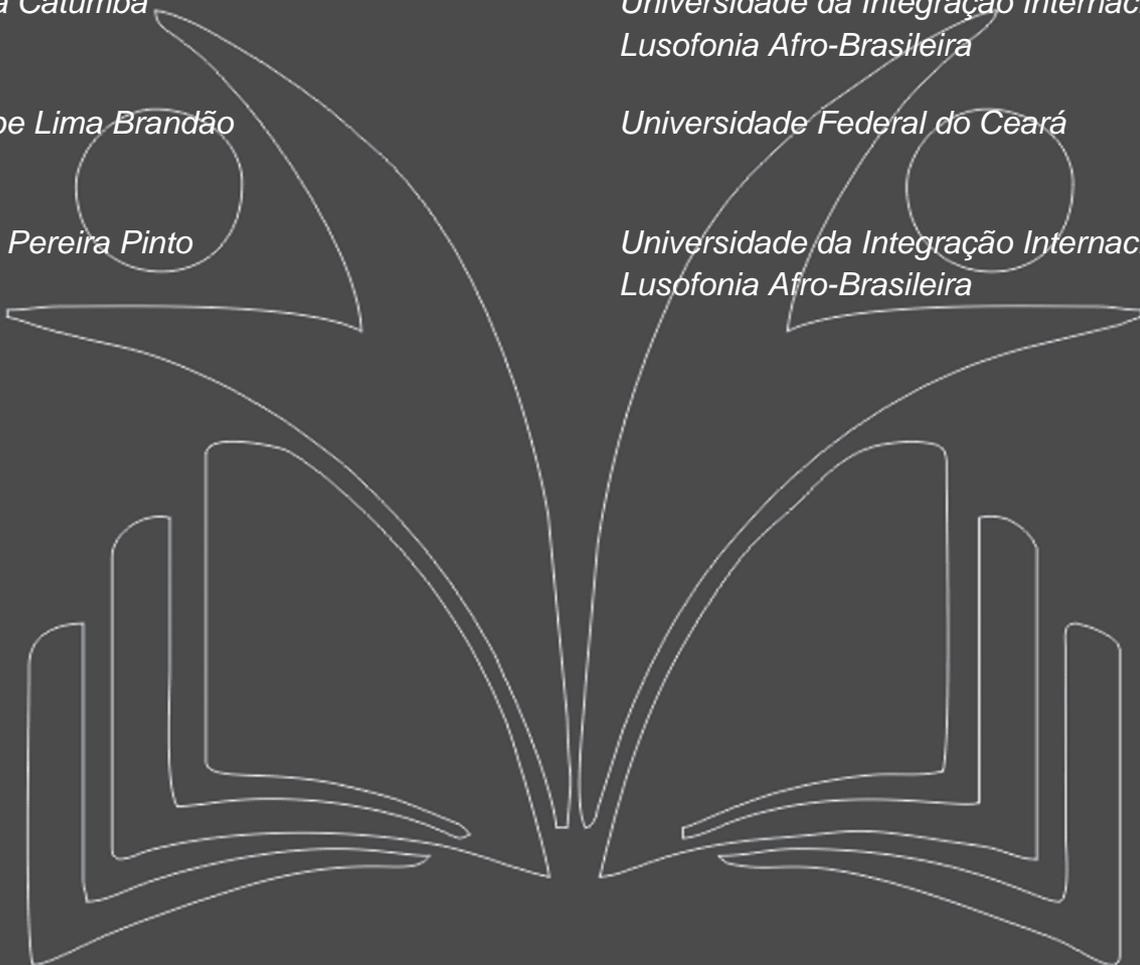
*Universidade da Integração Internacional da  
Lusofonia Afro-Brasileira*

*Pedro Fellipe Lima Brandão*

*Universidade Federal do Ceará*

*Vandilberto Pereira Pinto*

*Universidade da Integração Internacional da  
Lusofonia Afro-Brasileira*



**Resumo:** O avanço tecnológico proporciona mudanças significativas no nosso modo de vida. Com o advento dessa evolução tecnológica, hoje, a forma como lidamos com o futuro mudou. Aeronaves não tripuladas, carros autônomos, robôs de segurança, são alguns exemplos de avanços científicos que estão presentes no nosso cotidiano. No Brasil, o termo Drone, oriundo da língua inglesa que tem como significado zangão ou zumbido, é comumente relacionado ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). A realização de experimentos práticos com Drone muitas vezes não é possível devido a falta do equipamento ou custo elevado para aquisição, uma alternativa muito comum é a utilização de ambientes virtuais para realização dos experimentos, que tem como finalidade reproduzir o mais fielmente possível a realidade. Neste trabalho, utilizaremos o ambiente virtual de simulação *CoppeliaSim V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform)*, no qual possui um ambiente de desenvolvimento integrado, onde cada objeto ou modelo que for inserido poderá ser controlado por um *script* individualmente, ou com auxílio do software *Matlab*. O presente trabalho tem como objetivo otimizar e simular uma problemática de roteirização usando o Problema do Caixeiro Viajante como solução para aperfeiçoar rotas geradas simulando determinados alvos, *Waypoints*, buscando assim menores custos operacionais diante de restrições da bateria e interferência externa, construir rotas mais adequadas e utilizar aparatos tecnológicos para realizar simulações são os principais pontos deste trabalho.

**Palavras-chave:** Tecnologia. Otimização. Simulação. Roteirização.

## 1 INTRODUÇÃO

É notório que o avanço tecnológico proporcionou mudanças significativas no nosso modo de vida. Com o advento dessa evolução tecnológica, hoje, a forma como lidamos com o futuro mudou. Aeronaves não tripuladas, carros autônomos, robôs de segurança, são alguns exemplos de avanços científicos que estão presentes no nosso cotidiano. Com o aumento da busca por equipamentos mais eficientes, as formas de inovar, desenvolver e aperfeiçoar os conhecimentos que estão ao nosso redor estão em crescente avanço (ALMEIDA, 2018).

No Brasil, o termo Drone, oriundo da língua inglesa que tem como significado zangão ou zumbido, é comumente relacionado às Aeronaves Não Tripuladas. Outro termo bastante utilizado é Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), termo oriundo do inglês Unmanned Aerial Vehicle (UAV), entretanto está se tornando um termo arcaico pela sociedade aeronáutica internacional, visto que a palavra "veículo", vem sendo utilizado de forma equivocada (DECEA, 2015).

Para que uma Aeronave Não Tripulada possa sobrevoar um determinado espaço aéreo, a mesma deverá seguir todas as diretrizes que as autoridades da aviação nacional estabeleceu em suas portarias e afins, pois a segurança é primordial e dirimir os riscos tanto para as aeronaves tripuladas como para as pessoas no solo deve ser levadas em consideração (DECEA, 2015).

As aplicações das Aeronaves Não Tripuladas são diversas, entretanto, grande parte dessas operações são realizadas por humanos, estes que são responsáveis por comandar de forma remota os equipamentos que controlam as aeronaves. Em alguns casos, a utilização de forma autônoma é mais viável, pois diminui os riscos do operador com determinadas atividades que colocam a vida em risco. Outro ponto importante a se destacar é que uma aeronave autônoma, ou seja, que não precisa de um humano constantemente para realizar determinadas operações, possa realizar escolhas de forma coerente evitando assim erros operacionais (SANTOS, 2015).

Para tais fins, se faz necessário o uso de simuladores, que tem como finalidade simular o mais próximo possível da realidade, evitando assim o desperdício de peças. Neste trabalho, utilizou-se o ambiente de virtual do programa *CoppeliaSim V-REP*, no qual possui um ambiente de desenvolvimento integrado, onde cada objeto ou modelo que for inserido poderá ser controlado por um *script* individualmente, onde tais *scripts* podem ser escritos em diversas linguagens de programação como: C/C++, Python, Java, Lua, Matlab, Octave ou Urbi (COPPELIA ROBOTICS, 2018).

Diante das inúmeras aplicações das Aeronaves Não Tripuladas, pode-se destacar a aplicação em relação a logística de transporte de encomendas e/ou serviços em geral. É notório o aumento na demanda da logística mundial, principalmente no Brasil, onde percebe-se a importância da expansão dos modelos de transportes atuais (VALENTE, 1994).

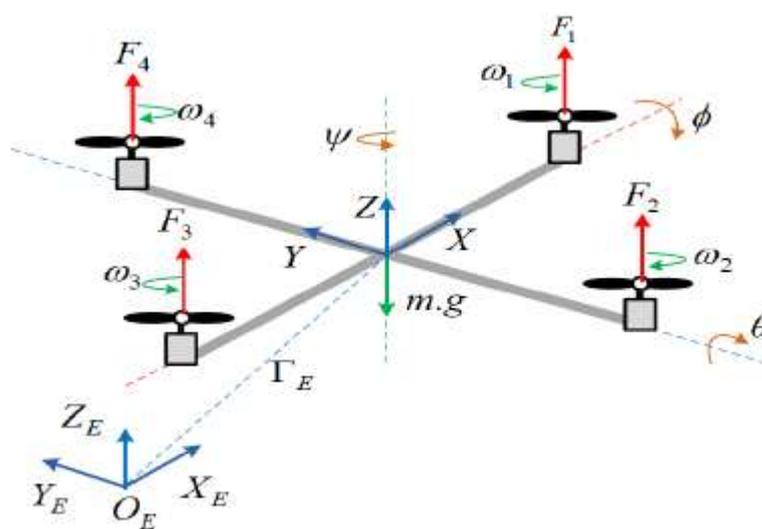
O uso das Aeronaves Não Tripuladas pode ser uma alternativa viável para otimizar o processo de entrega de encomendas, entender todo o processo logístico das entregas de mercadorias, construir rotas mais adequadas para otimizar os gastos das entregas, e utilizar aparatos tecnológicos para realizar simulações são os principais pontos deste trabalho.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo aplicar o problema do caixeiro viajante (PCV) onde foi utilizado o software *Matlab*, com e sem falhas na bateria, que fornecerá qual a melhor sequencia de *Waypoint* para o ambiente de simulação *CoppeliaSim V-REP*.

## 2 MODELAGEM

A Figura 1 apresenta o sistema de posicionamento e orientação do quadrirotor. Com base nesta figura, pode-se definir o sistema de coordenadas , que relaciona o posicionamento do centro de gravidade do quadrirotor em relação ao referencial fixo na terra , os ângulos de arfagem ( $\vartheta$ ), guinada ( $\psi$ ) e rolamento( $\varphi$ ), as velocidades angulares de cada hélice (para  $i = 1, \dots, 4$ ) e as respectivas forças de sustentação que cada hélice produz ( $F_i$  para  $i = 1, \dots, 4$ ) e o peso (CANDIDO 2015).

Figura 1. Sistema de posicionamento e orientação do quadrirotor.



Os movimentos de um quadrirotor podem ser descritos utilizando-se a segunda lei de Newton. As equações da força e momento que atuam no sistema podem ser expressas por:

$$F_b = m[V_b + \omega_b \times V_b] \quad (1)$$

$$M_b = I_{\omega_b} + \omega_b \times (I_{\omega_b}) \quad (2)$$

onde  $V_b = [v \ u \ \omega]^T$  é o vetor das velocidades lineares em [m/s] e  $\omega_b = [p \ q \ r]^T$  é o vetor das velocidades angulares em [rad/s].

O modelo que descreve a dinâmica não-linear de 6 graus de liberdade da aeronave, usualmente utilizado para o controle e simulação, descreve a dinâmica translacional e rotacional através das equações (3-8):

$$\dot{u} = rv - q\omega + g\sin\theta \quad (3)$$

$$\dot{v} = -ru + p\omega - g\sin\phi\cos\theta \quad (4)$$

$$\dot{\omega} = -qu - pv - g\cos\phi\cos\theta + \frac{U_1}{m} \quad (5)$$

$$\dot{p} = \frac{I_{YY} - I_{ZZ}}{I_{XX}} p r - \frac{J_{TP}}{I_{XX}} q \omega + \frac{U_2}{I_{XX}} \quad (6)$$

$$\dot{q} = \frac{I_{ZZ} - I_{XX}}{I_{YY}} p r + \frac{J_{TP}}{I_{YY}} q \omega + \frac{U_3}{I_{YY}} \quad (7)$$

$$\dot{r} = \frac{I_{XX} - I_{YY}}{I_{ZZ}} p q + \frac{U_4}{I_{ZZ}} \quad (8)$$

Onde  $m$  é a massa do quadricóptero,  $I_{XX}$ ,  $I_{YY}$ ,  $I_{ZZ}$  são os momentos de inércia em relação aos eixos X, Y e Z, respectivamente.

O vetor de entrada de controle é definido por:

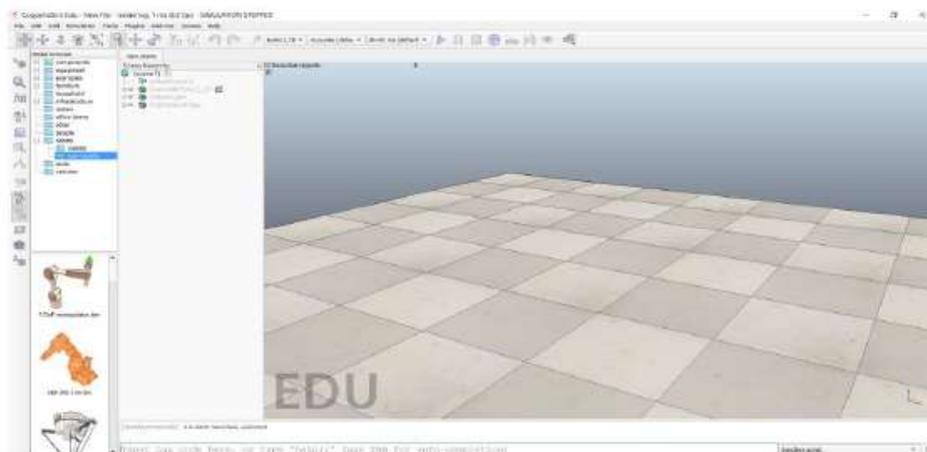
$$\begin{aligned}
 U_1 &= b(\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2) \\
 U_2 &= 1 b(-\omega_2^2 + \omega_4^2) \\
 U_3 &= 1 b(-\omega_1^2 + \omega_3^2) \\
 U_4 &= d(-\omega_1^2 + \omega_2^2 - \omega_3^2 + \omega_4^2)
 \end{aligned} \tag{9}$$

Onde' [m] é a distância entre o centro do quadricóptero e o centro da hélice, os parâmetros  $d$  [ $N m s^2$ ] e  $b$  [ $N s^2$ ] são, respectivamente, as contribuições aerodinâmicas correspondentes ao arrasto e ao empuxo das hélices e os sinais de controle  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  e  $U_4$  referem-se a cada um dos movimentos básicos do quadricóptero.

### 3 AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

A figura 2 ilustra o ambiente de simulação *CoppeliaSim*. Que é um software usado para a realização de simulação para robôs. Este simulador possui um ambiente de desenvolvimento integrado, com uma arquitetura de controle distribuída como sua base. O controle dos objetos/modelos pode ser feito individualmente através de um *script* embutido, BlueZero, um plugin, um cliente API remoto, um nó ROS ou uma solução customizada. Por isso o *CoppeliaSim* é considerado ideal e versátil para aplicações multi-robôs. Ele apresenta a possibilidade de escrever os controladores em Python, Octave, C/C++, Lua, Octave ou Java (COPPELIA ROBOTICS, 2019).

Figura 2 - Representação do Ambiente de simulação.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

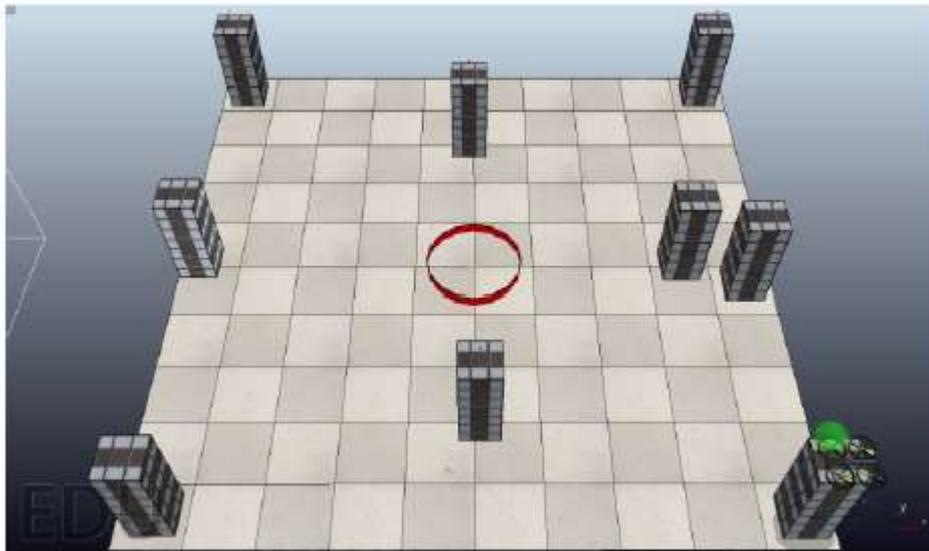
O *CoppeliaSim* tem aplicações variadas, tais como, prototipagem e testes, verificação de sistema de segurança, monitorização remota, apresentação de produtos, desenvolvimento de algoritmos, controle de hardware, e outras finalidades de educação relacionados com robótica (GODINHO, 2014).

Um dos aspetos mais destacados de simulação é a possibilidade de construção de interfaces gráficas que possibilita o utilizador controlar o modo de interação do robô no ambiente virtual. É também possível pausar, acelerar, retardar ou terminar a simulação e usar parâmetros de simulação exteriores na plataforma do *CoppeliaSim* (GODINHO, 2014).

### 3.1 OBJETOS UTILIZADOS NO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

A figura 3 ilustra o ambiente de simulação com alguns objetos adicionados, observa-se 9 solidos geometricos com forma de paralelepipedos retos distribuidos no ambiente, que são os *waypoints*, observa-se também um círculo vermelho no centro do ambiente de simulação, que é a *base* (centro de distribuição), no canto inferior direito, por cima de um dos *waypoints* observa-se o quadricóptero e uma esfera de cor verde, que é o alvo que o quadricóptero irá seguir.

Figura 3 - Objetos utilizados na simulação.



Fonte: Aatoria Própria, 2021.

## 4 ALGORITMO DO CAIXEIRO VIAJANTE

Segundo Preste (2006, p. 15), o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) por está relacionado como um Problema de Otimização Combinatória (POC), ele vem se tornando cada vez mais estudado pela comunidade acadêmica por causa da sua usabilidade no cotidiano e também pelo seu nível de

dificuldade. Ainda por Prestes, o Problema do caixeiro Viajante, é muito utilizado para solucionar problemas de otimização de rotas, devido ao seu fácil entendimento em descrever o problema, dificuldade para solucionar as rotas, grande aplicabilidade, já que pode se aplicar o PCV em quase todos os problemas de otimização de rotas, exemplo dessas aplicações está relacionado ao transporte de mercadorias.

O Problema do Caixeiro Viajante, aparentemente de fácil entendimento, foi criado a partir de um jogo relacionado ao cálculo de circuitos hamiltonianos, criado no final do século XVIII pelo matemático irlandês W. R. Hamilton e pelo matemático britânico Thomas Kirkman, vale destacar que esse é um dos problemas mais analisados quando falamos de Otimização

Combinatória, onde sua presença em diversas áreas da ciência pode ser observada. Por volta dos anos de 1930, o PCV ganhou bastante atenção pela comunidade acadêmica, onde foi bastante estudado nas Universidades de Harvard e Princeton, todavia, só depois de alguns anos que o problema conquistou a popularidade nos círculos científicos europeus e americanos (SILVA, 2013).

De acordo com Applegate et al (2006, apud SILVA, 2013, p.19), o PCV é um dos problemas mais conhecidos na literatura, principalmente nas teorias dos grafos. O principal objetivo do PCV é buscar otimizar rotas, fazendo uma relação do menor custo possível com a menor distância possível, de um determinado circuito hamiltoniano de pontos, ou de regiões, nos quais devem ser acessados uma única vez e não devem ser repetidos. Vale ressaltar que o PCV pode ser caracterizado como simétrico ou assimétrico, e neste trabalho, utilizou-se rotas assimétricas, ou seja, as distâncias entre as regiões em comparação com o custo podem ter valores distintos.

## 4.1 MÉTODO DE SOLUÇÃO

Para solucionar o PCV, deve-se visitar uma determinada região uma única vez, na qual um vértice de um grafo é uma dessas regiões que devem ser visitadas, então, um vértice  $G = (N,E)$ , onde  $N(1,...,n)$  é os nossos *Waypoints*, locais onde o Drone deve visitar e o  $E(1,...,n)$  são as possíveis rotas que o drone pode seguir, e os custos  $c_{ij}$ , onde esses índices estão relacionados com custos de ir de um determinado *Waypoint* ao outro (PRESTES, 2006).

Existem várias formas de trabalhar na resolução do problema do Caixeiro Viajante, se o número de vértices ,waypoints, a ser analisado for pequeno, pode-se usar a heurística do vizinho mais próximo, onde consiste em iniciar no vértice principal, base, e procurar o vértice mais próximo deste, e por conseguinte ligando-os pelas arestas. O grande problema em resolver esse problema usando o

Método heurístico do vizinho próximo é que mesmo escolhendo os vértices mais próximos e interligando-os pelas arestas, a distância final pode ser bastante longa (BELFIORE; FÁRELO 2013, apud ARARIPE; KLOECKNER, 2017, p.151).

A modelagem matemática usada por Dantzig, Fulkerson e Johnson (1954) conforme descrito por Belfiore e Fávero (2013, p.394), descreve o PCV especificando da seguinte forma:

**Parâmetros do Modelo:**

$c_{ij}$  custo ou distância dos waypoint  $i$  para o waypoint  $j$ ,  $i=1, \dots, n$  e  $j=1, \dots, n$ .

**Variáveis de decisão:**

$x_{ij} = \{1$  se a aeronave não tripulada for do waypoint  $i$  para o waypoint  $j$ ,  $i \neq j$ . 0 Caso contrário.

**Formulação matemática:**

$$\text{Função Objetiva: } \min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

**Restrições:**

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (4)$$

$$x_{ij} = \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (5)$$

A função objetiva (1) ilustra a distância total mínima, ela soma as distâncias de todas as possíveis rotas a serem realizadas pelo Caixeiro viajante, porém cada rota é multiplicada pela variável de decisão, que pode assumir os valores 1 ou 0, sendo que quando a rota  $c_{ij}$  não for escolhida para ser realizada, o valor de  $x_{ij}$  será 0 e quando a rota  $c_{ij}$  for escolhida para ser realizada o valor de  $x_{ij}$ , nessa função

objetiva, buscou-se minimizar o custo ou a distância total da rota. Nas equações (2) e (3), está descrito as restrições para que cada *waypoints* seja visitado uma única vez, na equação (4) garante a eliminação de Subrotas, em que  $S$  representa o número de nós desse subgrafo, se considerarmos  $S$  um subgrafo de  $G(N,E)$ , e por fim, a equação (5), impõe que a variável de decisão tenha como valores 0 ou 1, valores binários (BELFIORE; FÁRELO, 2013).

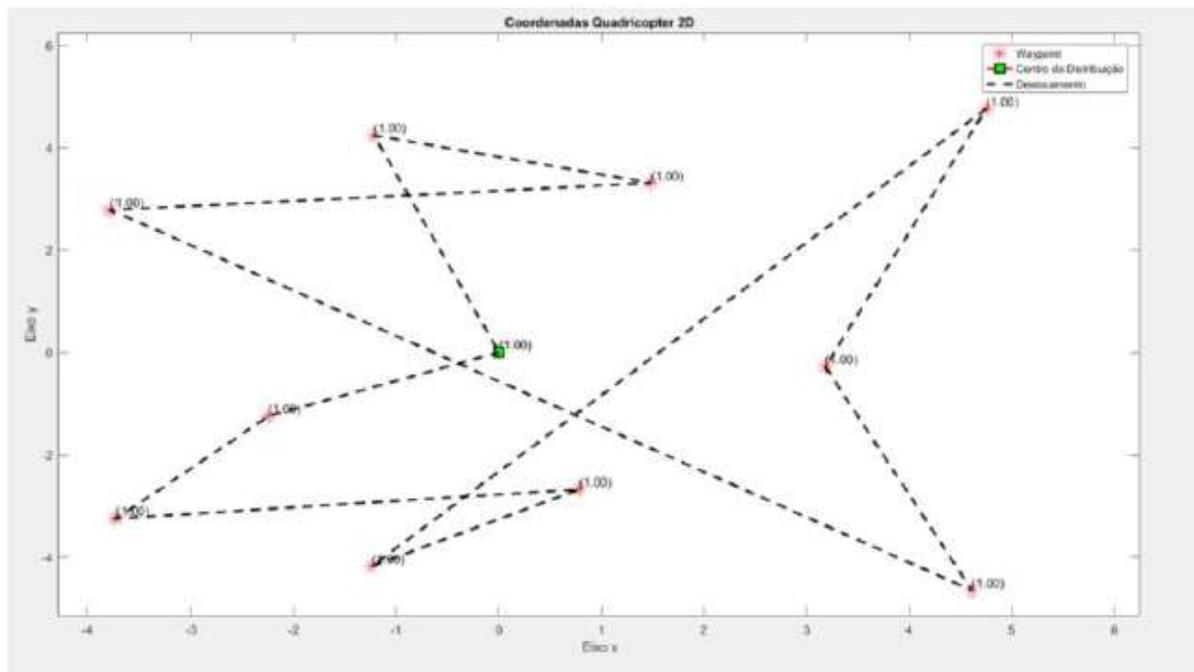
## 5 RESULTADOS

### 5.1 VELOCIDADE DE 1 M/S SEM RESTRIÇÃO DE BATERIA E SEM INTERFERÊNCIA EXTERNA

A simulação do trajeto do caixeiro viajante realizou-se em 2 ambientes, no *Matlab* e no *Coppelia V-REP*, obteve-se 3 gráficos de trajetos, um gráfico com os dados do *Matlab* e dois gráficos com os dados do *coppelia* (gráfico do alvo e gráfico do quadricóptero), obteve-se ainda 2 gráficos de deslocamentos versus tempo com os dados do *Coppelia*. Os resultados do *Matlab* e o do alvo foram exatamente iguais, porém tiveram uma pequena discrepância em relação aos resultados do quadricóptero, desta forma, considerou-se os resultados do alvo e do *Matlab* ideais (porque os seus resultados não consideram as circunstâncias do mundo real) e os resultados do quadricóptero foram considerados reais (porque os seus resultados consideram as circunstâncias do mundo real).

Inicialmente, no *Matlab*, considerou-se que o quadricóptero tem uma velocidade constante de 1 m/s, sem nenhuma restrição da bateria e sem interferência externas(vento). A Figura 4 ilustra as posições do deslocamento em duas dimensões, deslocamento em x e y do quadricóptero (linhas tracejadas) em relação aos *waypoints* (estrelas vermelhas), e ilustra também a saída do centro de distribuição (quadrado verde). Nestas circunstâncias, o *Matlab* apresentou um tempo total de 58.52s para a realização de todo o trajeto. É necessário sublinhar que este trajeto apresentado pelo *Matlab* é ideal.

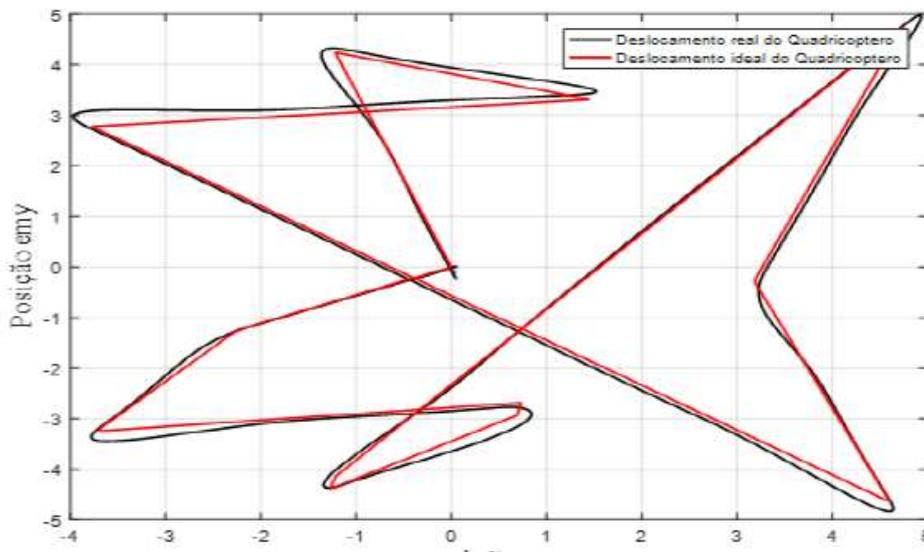
**Figura 4.** Gráfico do trajeto do *quadricóptero* obtido no *Matlab* para velocidade de 1 m/s, sem vento e sem limite de bateria.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Na figura 5, observa-se os deslocamentos obtidos no ambiente de simulação do *Coppelia*, nessa figura, temos o gráfico do alvo (linha vermelha) que praticamente realiza o mesmo trajeto obtido no *Matlab*, desta forma considerou-se o seu trajeto ideal, e temos o gráfico do quadricóptero (linha preta) que realiza o trajeto mais próximo do real.

**Figura 5** . Gráfico do trajeto do alvo em comparação com o trajeto do quadricóptero para velocidade de 1 m/s, sem vento e sem limite de bateria.

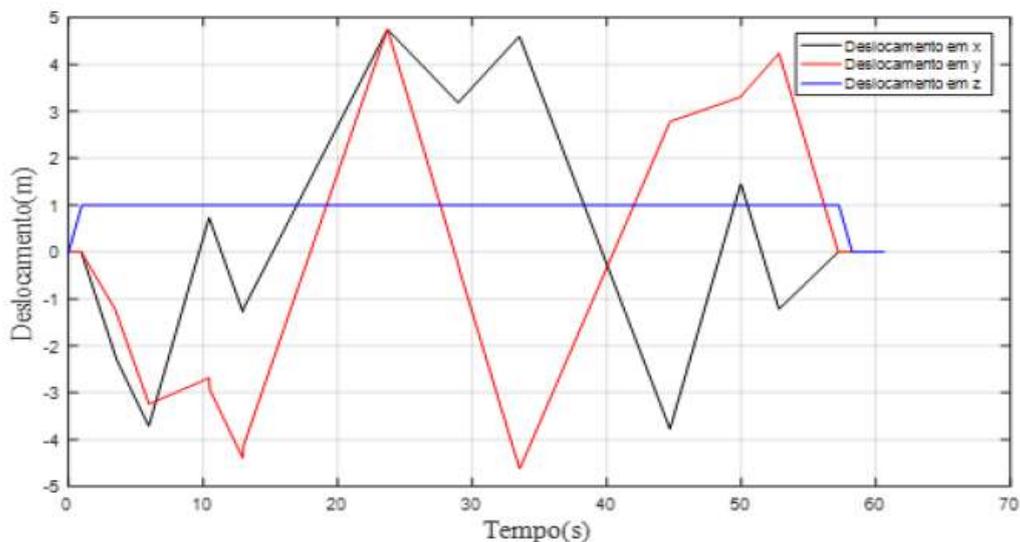


Fonte: Autoria Própria, 2021.

Nesta figura 5 já é possível verificar as discrepâncias entre o trajeto simulado do alvo, que é igual ao trajeto do *Matlab*, e o trajeto simulado do quadricóptero, estas discrepâncias ocorrem porque o alvo e o *Matlab* não levam em conta as curvas que um quadricóptero real terá que fazer no processo de chegada-partida nos *waypoints*, enquanto que o quadricóptero, faz um trajeto simulado mais aproximado do real, levando em conta as curvas que ele precisa realizar. No *Matlab*, o trajeto ideal foi realizado em 58,52 s.

A figura 6 ilustra o gráfico de deslocamento versus tempo do alvo, esse gráfico só apresenta alguma variação se a velocidade for alterada, para outras alterações, como interferências externas(vento), este gráfico irá manter-se inalterado.

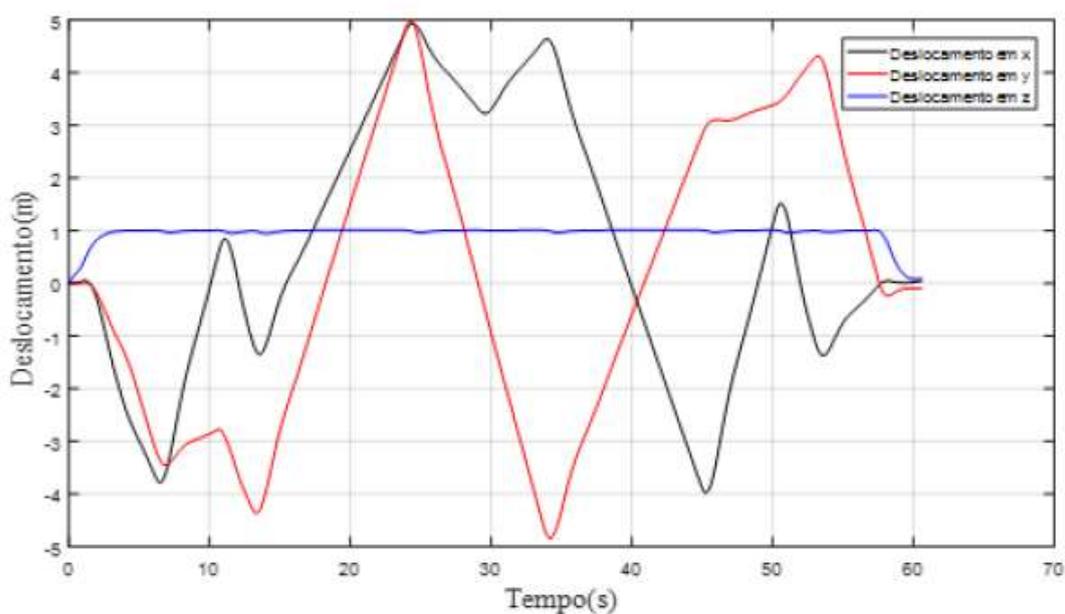
**Figura 6** - Gráfico do deslocamento do alvo em relação ao tempo para velocidade de 1 m/s, sem vento e sem limite de bateria..



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Na figura 6 observa-se o tempo que o alvo precisou para realizar o trajeto, que é o mesmo tempo que o *Matlab* precisou. O gráfico da figura 7 é o gráfico do deslocamento versus tempo do quadricóptero.

**Figura 7** - Gráfico do deslocamento do quadricóptero em relação ao tempo para velocidade de 1 m/s, sem vento e sem limite de bateria..



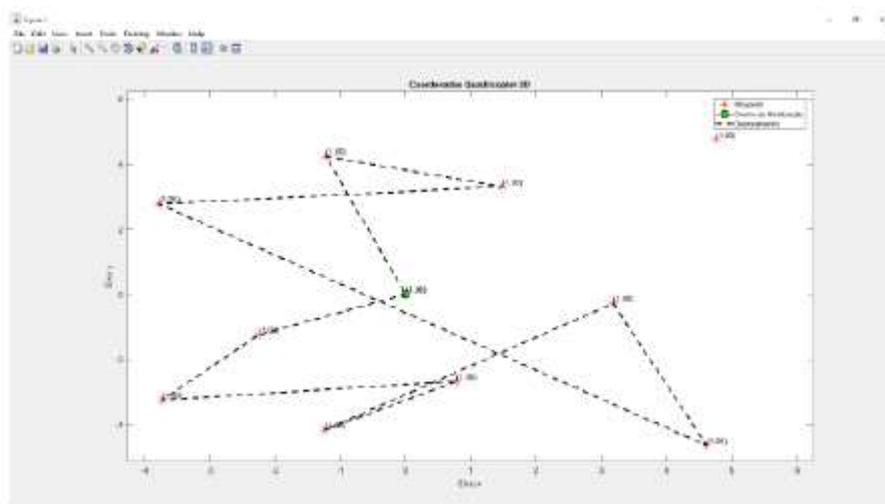
Fonte: Autoria Própria, 2021.

Tal como era esperado, o tempo de trajeto do quadricóptero foi maior que o tempo do trajeto apresentado pelo *Matlab* e pelo alvo. Isso acontece devido às curvas que o quadricóptero fez, essas curvas consumiram mais tempo na realização do trajeto, enquanto o *Matlab* e o alvo não consideraram as mesmas, tendo um tempo de trajeto mais reduzido. O tempo que o quadricóptero levou para realizar todo o trajeto foi de 59,85 s, ou seja, o tempo do quadricóptero foi maior em 1,33 segundos em relação ao tempo do *Matlab* e do alvo.

## 5.2 VELOCIDADE DE 1M/S COM RESTRIÇÃO DE BATERIA E SEM INTERFERÊNCIA EXTERNA

Conhecendo-se o tempo que o quadricóptero necessita para visitar todos os waypoints, levou-se em conta que a bateria do quadricóptero descarregava-se em 50s e que a sua velocidade era de 1 m/s, desta forma, o *Matlab* indicou a melhor rota a ser seguida, usando o problema de roteirização do Caixeiro Viajante, para que o quadricóptero regresse a base antes da bateria terminar, tal como a figura 8 ilustra.

**Figura 8** - Gráfico do trajeto do *quadricóptero* obtido no *Matlab* para velocidade de 1 m/s, sem vento e com limite de bateria.

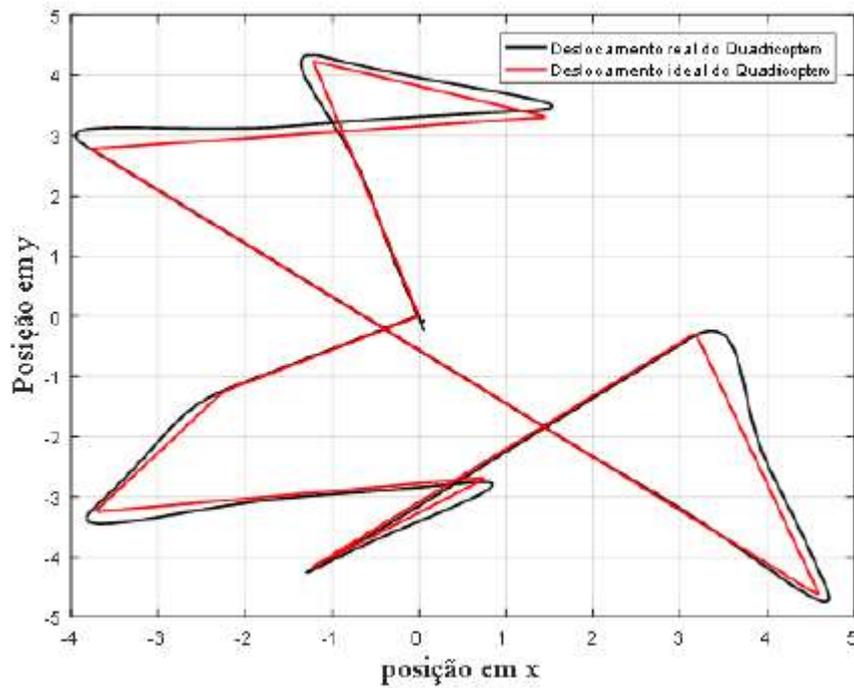


Fonte: Autoria Própria, 2021.

Verifica-se pela figura 8 que, para que o quadricóptero regresse à base antes da bateria terminar, ele terá que desprezar um dos *waypoints*, fazendo isso, ele irá realizar o trajeto e regressar a base em 48.37s.

Da mesma forma, a figura 9, ilustra os gráficos do deslocamento no ambiente de simulação do *Coppelia*, neste caso, desprezando um dos *waypoints*.

**Figura 9** - Gráfico do trajeto do alvo em comparação com o trajeto do quadricóptero para velocidade de 1 m/s, sem vento e com limite de bateria.

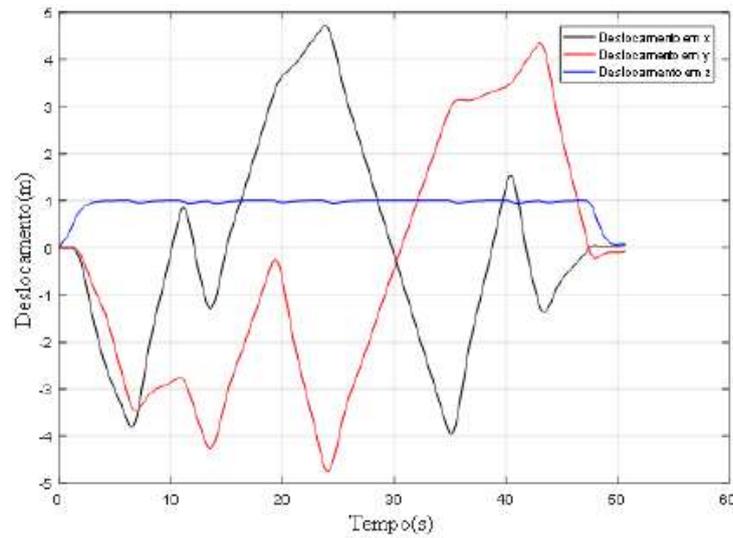


Fonte: Autoria Própria, 2021.

Pode-se observar que ainda existem pequenas discrepâncias tal como no primeiro caso(sem limite de bateria).

Sendo que no *Matlab*, o trajeto realizou-se em 48,37s, a figura 10 ilustra o gráfico do deslocamento versus tempo do quadricóptero no *Coppelia*.

**Figura 10** - Gráfico do deslocamento do Quadricóptero em relação ao tempo para velocidade de 1 m/s, sem vento e com limite de bateria..



Fonte: Autoria Própria, 2021.

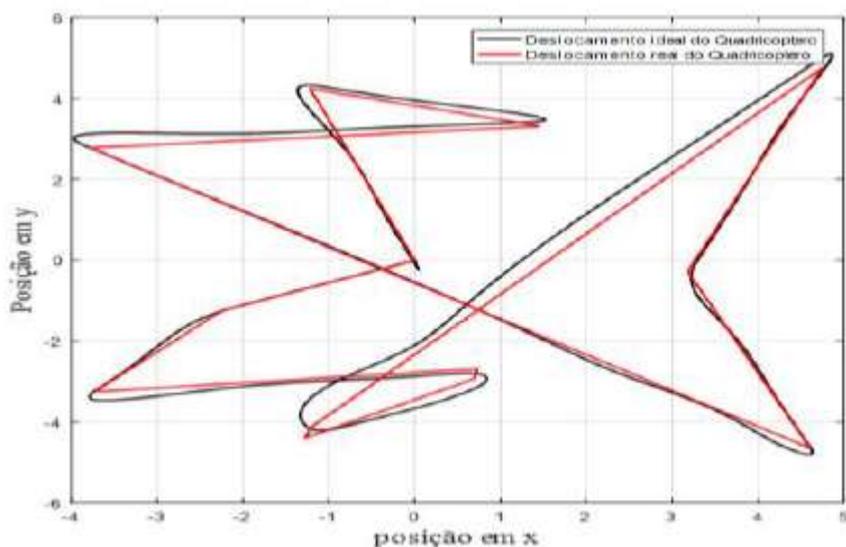
Observa-se que apesar da redução da trajetória, desprezando um dos *waypoints*, continua existindo uma diferença de tempo de trajeto entre o *Matlab* e o quadricóptero do *coppelia*, sendo que o tempo que o quadricóptero levou para realizar todo o trajeto foi de 49,8s.

### 5.3 VELOCIDADE DE 1M/S SEM RESTRIÇÃO DE BATERIA E COM INTERFERÊNCIA EXTERNA

Ao adicionar jatos de ar para simular o vento no *Coppelia V-REP*, esperava-se que o tempo de trajeto do quadricóptero aumentasse, mas sendo que o jato de ar está fixo em um único sentido e direção, quando o quadricóptero se desloca em sentido contrário ao jato de ar ele tem uma resistência para superar, que é a velocidade do jato de ar, por isso ele levará mais tempo para fazer o percurso, mas quando o quadricóptero se desloca no mesmo sentido que o Jato de ar ele ganha uma velocidade extra.

O gráfico da figura 11 ilustra o deslocamento com a presença de vento.

**Figura 11** - Gráfico do trajeto do alvo em comparação com o trajeto do quadricóptero para velocidade de 1 m/s, com vento e sem limite de bateria.

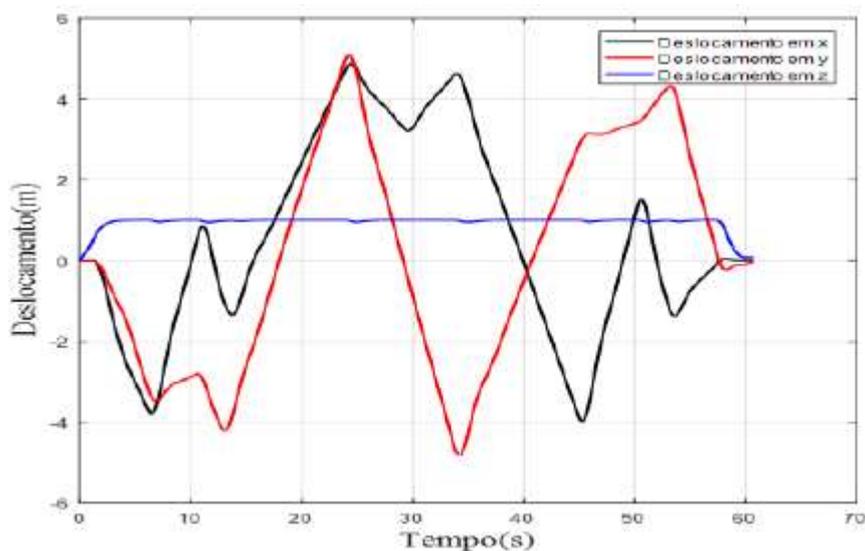


Fonte: Autoria Própria, 2021

No gráfico da figura 11 é possível notar as interferências do vento, principalmente nas regiões próximas dos jatos de ar, sendo que os jatos foram posicionados na coordenada -6 do eixo y e entre os pontos -4 a 5 do eixo x, algumas curvas são feitas com um recuo, observa-se também a instabilidade em algumas retas, em relação ao gráfico sem a interferência do vento.

O vento ao interferir nas curvas que o quadricóptero realiza, afeta proporcionalmente no tempo de trajeto do quadricóptero, não há a necessidade de ilustrar o gráfico do alvo porque ele simplesmente ignora a ação dos jatos de ar, logo seu gráfico permanece o mesmo que o gráfico da figura 6. A figura 12 ilustra o gráfico com as interferências do vento sobre o quadricóptero .

**Figura 12** - Gráfico do deslocamento do quadricóptero em relação ao tempo para velocidade de 1 m/s, com vento e sem limite de bateria..



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Na figura 12, é possível constatar que o tempo de trajeto foi de 59,95s, o que indica que o vento atrasou o tempo de trajeto do quadricóptero, pois, o tempo de trajeto sem o vento foi de 59,85s.

## 6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou solucionar um problema de Otimização Combinatória (POC), usando o *software Matlab*, e diante dos resultados obtidos, foi aplicado no ambiente de simulação do *CoppeliaSim V-REP (Virtual Robot Experimentation Platform)*, como base para realizar toda a parte de simulação computacional. Esse simulador foi escolhido pela sua fácil manipulação e por possuir um ambiente de desenvolvimento integrado, com uma arquitetura de controle distribuída como sua base, fazendo com que a simulação estivesse dentro dos parâmetros adequados para este trabalho, onde buscou-se simular rotas geradas pela resolução do PCV, usando o programa *Matlab*, no qual os dados obtidos por este, foram anexados no *Coppelasim* fazendo assim um link entre os dois programas, pois, no *Matlab* é possível resolver o PCV de forma adequada, isso facilitou muito a simulação no *CoppeliaSim*, foi preciso apenas usar os resultados do PCV fornecidos pelo *Matlab* no ambiente de simulação do *CoppeliaSim*.

O programa *MATLAB*, foi utilizado para solucionar o PCV, no qual, toda a programação foi realizada a fim de buscar a resolução fielmente desse problema, tais como: conflitos de rotas, criação sub-rotas, fazer com que a aeronave não tripulada visite uma única vez cada waypoint e que ao final do percurso

voltasse para a base de lançamento. Destacamos que todos esses conflitos, que são a base para solucionar o PCV, foram realizados e corrigidos, fazendo com que o programa *MATLAB* seja um ótimo programa para solucionar tal problema.

Os valores de deslocamento da aeronave não tripulada obtidos pelo *Coppeliasim* foram exportados via arquivo CSV, sigla do inglês “comma-separated-values”, que significa valores separados por vírgulas, e plotados no *MATLAB*. Essa escolha aconteceu pois o *MATLAB*, por ter uma interface gráfica e programável, seria mais viável a obtenção de gráficos com mais qualidade e com mais riqueza de detalhes.

Ao analisar os gráficos, existem dados que relacionamos como ideais e reais. Os valores ideais, foram os dados obtidos do *MATLAB* apenas solucionando o PCV, onde na simulação tais valores apresentaram pequenas discrepâncias, valores dentro do padrão, pois na solução do PCV, não tinha como colocar algumas variáveis externas, tais como: vento, fluxo de ar dos rotores, diferença de relevo entre outros. Já os valores reais, foram os dados da simulação aplicando variáveis externas que não tinha como aplicar na solução do PCV, onde foi buscado simular de forma coerente e fiel os dados de um voo real.

Diante disso, percebeu-se que o *coppeliasim*, é um ótimo programa para realização de simulações de voo usando aeronaves não tripuladas, e a junção com o *MATLAB*, foi essencial para obtenção de uma solução viável do PCV. Os resultados apresentados neste trabalho, buscam analisar os dados de simulação para evitar possíveis falhas em voos reais, diminuindo assim os gastos operacionais e possíveis acidentes.

## 7 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pelo apoio financeiro número BP4-0172-00277.01.00/20 Edital BPI 02/2020.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, André Fernandes de. IMPLEMENTAÇÃO DE ALGORITMO DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA COMUNICAÇÃO ENTRE MEMBROS DE UM ENXAME DE ROBÔS. 2018. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

ARARIPE, Raynner Braga; KLOECKNER, Natália Varela da Rocha. PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE (PCV) APLICADO A OTIMIZAÇÃO DE ROTEIROS DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE UMA DISTRIBUIDORA DE ÓLEO LUBRIFICANTE A GRANEL EM FORTALEZA E REGIÃO METROPOLITANA. Revista de Engenharia da Uni7, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 137-185, jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.uni7.edu.br/index.php/revista-de-engenharia/article/view/526/326>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz paulo. Pesquisa Operacional: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. COPPELIA ROBOTICS. CoppeliaSim User Manual. Coppelia Robotics, 2021. Disponível em: <http://www.coppeliarobotics.com/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

CÂNDIDO, A. S. Sistema de gerenciamento do voo de quadrirotos tolerante a falhas. 2015. 209f- Tese de doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. 415: PORTARIA DECEA Nº 415/DGCEA, DE 9 DE NOVEMBRO DE 2015. 2015. 76 p. Disponível em:

<https://www.decea.gov.br/static/uploads/2015/12/Instrucao-do-Comando-da-Aeronautica-ICA-100-40.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

GODINHO, Sandra Raquel da Costa. Dimensionamento e simulação de um robô anfíbio biomimético. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Departamento de Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2014. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5611/1/3899\\_7552.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5611/1/3899_7552.pdf) . Acesso em: 03 jun. 2021.

PRESTES, Álvaro Nunes. UMA ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ABORDAGENS HEURÍSTICAS APLICADAS AO PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE. 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Sistemas e Computação, Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN, 2006. Disponível em:

<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/17962/1/AlvaroNP.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SANTOS, Fernando Rodrigues. AVALIAÇÃO DO USO DE AGENTES NO DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO-TRIPULADOS. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Automação e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/158820/337435.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SILVA, Bruno. Otimização de rotas utilizando abordagens heurísticas em um ambiente georreferenciado. 2031. 105f. Dissertação (mestrado em Ciências da Computação) - Universidade

Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em:<<http://www.uece.br/ppgcc/wp-content/uploads/sites/51/2020/02/BrunoCastro.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

VALENTE, Amir Mattar. UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEJAMENTO DE FRETES E PROGRAMAÇÃO DE FROTAS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS. 1994. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/76071/96096.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 abr. 2021.

# Capítulo 8



10.37423/210704488

## ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE ALGORITMOS CRIPTOGRÁFICOS SIMÉTRICOS EMBARCADOS NA PLATAFORMA ARDUINO

*OCTAVIO VIEIRA DE AGUIAR*

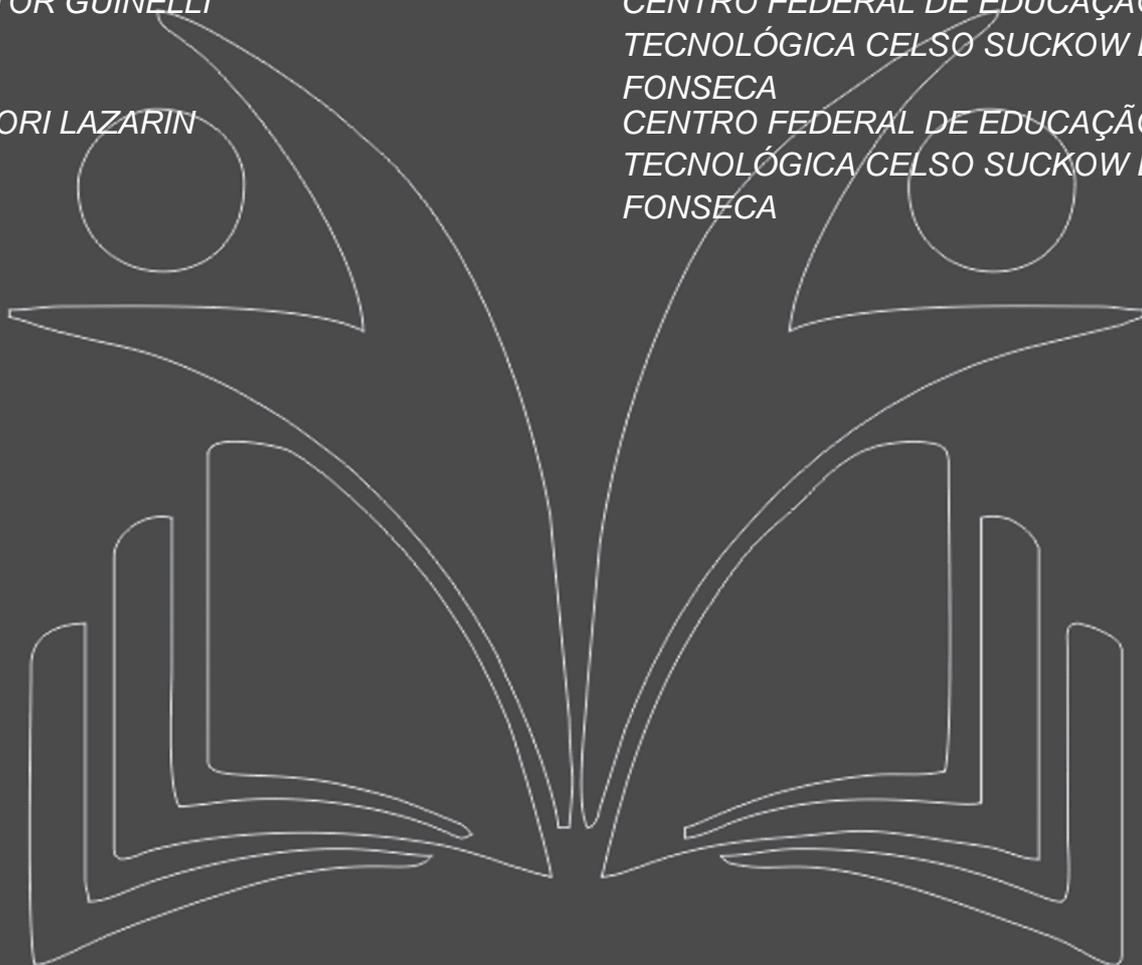
*JOÃO VICTOR GUINELLI*

*NILSON MORI LAZARIN*

*CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO  
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA  
FONSECA*

*CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO  
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA  
FONSECA*

*CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO  
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA  
FONSECA*



**Resumo:** Inúmeros dispositivos colhem dados sensíveis através de sensores integrados em nossas casas, carros e roupas. Por possuírem recursos limitados, há uma complexidade para o armazenamento e transmissão segura destes dados utilizando algoritmos criptográficos mais robustos. Este artigo apresenta um comparativo entre o Rijndael e o Serpent, finalistas do concurso AES, embarcados na plataforma Arduino. Foram realizados experimentos considerando desempenho e consumo de recursos. Conforme os resultados obtidos, o Rijndael mostrou-se mais indicado quando há demanda por menor consumo de tempo e energia, enquanto o Serpent é mais apropriado quando a demanda é de menor uso de espaço de armazenamento e de memória.

## 1. INTRODUÇÃO

O paradigma da IoT (Internet of Things) faz referência á grande presença de dispositivos ao nosso redor que são capazes de interagir uns com os outros para atingirem objetivos em comum de forma colaborativa [Atzori et al. 2010]. Muitas vezes esses dispositivos necessitam armazenar ou trocar informações sensíveis com seus pares, dando assim, origem a diversos problemas de segurança [Roman et al. 2013]. Uma forma de prover a segurança necessária a essas aplicações é utilizar algoritmos criptográficos para cifrar os dados a serem armazenados ou transmitidos [Zhang et al. 2014]. No entanto, é preciso ter em mente que dispositivos embarcados possuem certas limitações e, por isso, a utilização de algoritmos que consomem muitos recursos pode não ser viável [Jing et al. 2014]. Ao mesmo tempo, utilizar algoritmos que possuem bom desempenho, mas que não proveem um bom nível de segurança para as aplicações também não é uma opção interessante.

Este trabalho apresenta um comparativo entre os algoritmos de criptografia simétrica Rijndael [Daemen and Rijmen 1999] e Serpent [Knudsen 1998] quando executados em Arduino, plataforma possui recursos limitados e é amplamente utilizada no contexto da IoT. O comparativo tem como principal objetivo avaliar em quais circunstancias é mais indicado utilizar o Serpent e em quais seria melhor utilizar o Rijndael. Na avaliação foram considerados indicadores como: tempo de execução, quantidade de ciclos de clock, consumo de memória SRAM e Flash (armazenamento), além do consumo de energia.

A escolha do Rijndael e do Serpent se deu pelo fato dos dois algoritmos serem reconhecidamente seguros, tendo ambos chegado á final do concurso realizado pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) para a escolha de um novo padrão criptográfico a ser utilizado pelo governo americano, o Advanced Encryption Standard (AES). Além disso, no relatório acerca do processo de escolha do AES [Nechvatal et al. 2001], tanto o Rijndael quanto o Serpent recebem destaque entre os finalistas do concurso quando se considera a execução em ambientes com restrições de memória.

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: na seção 2 são apresentados alguns conceitos importantes sobre o tema abordado; na seção 3 é apresentada uma discussão sobre alguns trabalhos relacionados; na seção 4 é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho e descrição sobre os experimentos realizados; na seção 5, por sua vez, estão os resultados obtidos e uma análise sobre os mesmos; por fim, na seção 6 é apresentada a conclusão do trabalho e uma discussão sobre possíveis trabalhos futuros.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os critérios de avaliação considerados pelo NIST no concurso AES, em ordem de importância, foram: segurança, custo computacional, e características do algoritmo e de sua implementação [Nechvatal et al. 2001]. Com base nestes critérios foram anunciados cinco algoritmos finalistas: MARS, RC6, Rijndael, Serpent e Twofish. Após levar em consideração todas as análises realizadas e comentários feitos pelo público ao longo de um ano de testes, o algoritmo Rijndael foi escolhido como vencedor do concurso. Segundo o NIST, o vencedor apresentava boa performance de hardware e software em uma grande variedade de plataformas computacionais, além de se apresentar como uma boa escolha para ser executado em ambientes com restrições de espaço [Nechvatal et al. 2001].

### 2.1. RIJNDAEL

Rijndael é uma cifra de bloco iterada na qual o tamanho do bloco e da chave criptográfica são variáveis, podendo ser independentemente especificadas para 128, 192 ou 256 bits. As operações internas do algoritmo são realizadas sobre uma matriz de bytes chamada de estado que possui sempre quatro linhas. Já o número de colunas dessa matriz é variável, sendo obtido ao dividir o tamanho do bloco utilizado por 32 bits [Daemen and Rijmen 1999]. A sequência de operações realizadas sobre o estado no processo de cifrar e decifrar é apresentada na Figura 1(a). O número de rodadas (Nr) a serem executadas pelo algoritmo é dado como uma função do tamanho do bloco e do tamanho da chave, conforme apresentado na Tabela 1. Abaixo estão descritas as etapas do Rijndael: ByteSub: esta operação consiste em substituir cada byte do estado por um byte existente numa S-box (tabela de substituição) composta por 16 linhas e 16 colunas.

ShiftRow: esta operação consiste em rotacionar os bytes presentes nas linhas (C0, C1, C2 e C3) do estado, em função do tamanho do bloco. Sendo que: C0 não rotaciona

**Tabela 1. Número de rodadas (Nr) em função de chave e bloco [Daemen and Rijmen 1999].**

Tamanho da chave	Tamanho do bloco		
	128	192	256
128	10	12	14
192	12	12	14
256	14	14	14

em nenhum caso; C1 rotaciona uma coluna à esquerda em todos os casos; C2 rotaciona duas colunas à esquerda para blocos de 128 e 192 bits e três colunas à esquerda para blocos de 256 bits; C3

rotaciona três colunas à esquerda para blocos de 128 e 192 bits e rotaciona quatro colunas à esquerda para blocos de 256 bits.

**MixColumns:** esta operação trata cada coluna do estado como um polinômio em GF(82), que é então multiplicado em módulo  $x^4 + 1$  pelo polinômio sempre fixo  $c(x) = 03 \cdot x^3 + 01 \cdot x^2 + 01 \cdot x + 02$ .

**AddRoundKey:** nesta operação, cada byte do estado é combinado com o byte correspondente da sub chave da rodada através da operação Ou-Exclusivo. A sub-chave de cada rodada é sempre uma matriz do mesmo tamanho do estado, essas sub-chaves são geradas pelo escalonador de chaves do algoritmo a partir da chave original. Ao todo são geradas uma sub-chave para cada rodada do algoritmo e uma sub-chave extra que é utilizada na rodada inicial, onde apenas a operação AddRoundKey é executada.

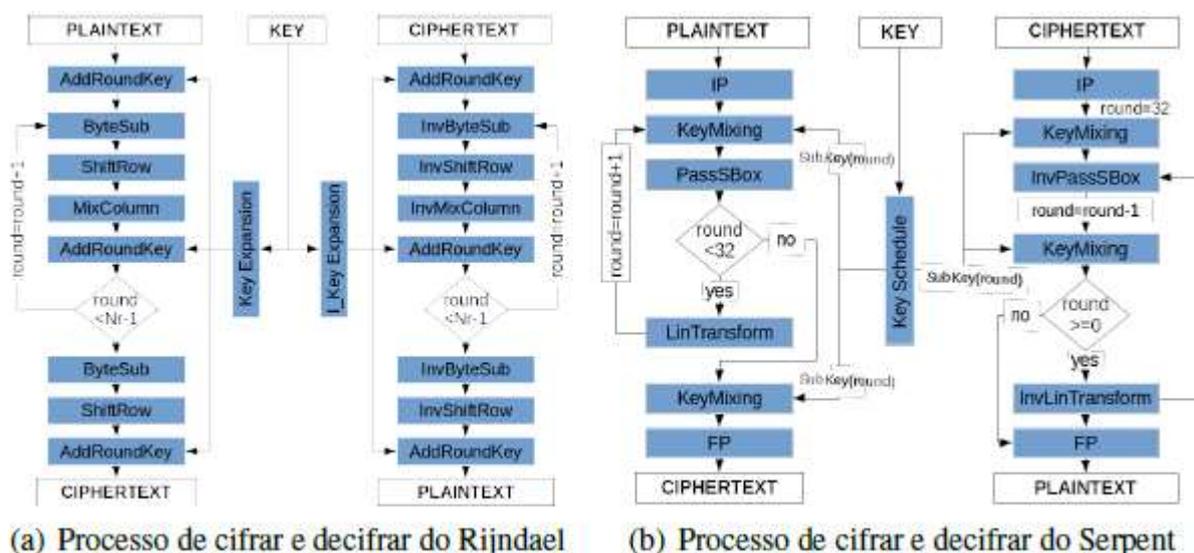


Figura 1. Estrutura dos algoritmos Rijndael e Serpent

## 2.2. SERPENT

Serpent [Knudsen 1998], segundo colocado no concurso AES, é uma cifra de bloco de tamanho fixo (128 bits) e de tamanho da chave variável. Internamente, a cifra completa a chave inserida, através da adição de um bit “1” seguido por uma sequência de bits “0” até que atinja 256 bits necessários para o processo criptográfico seja obtido. No Serpent o texto em claro é tratado como 4 palavras ( $X_0; X_1; X_2; X_3$ ) de 32 bits sendo submetido a uma rede de substituição- permutação de 32 rodadas. Para cada uma dessas rodadas, o escalonador de chaves do algoritmo gera uma sub-chave de 128 bits, derivada da chave informada pelo usuário. A única exceção é a última iteração, para a qual duas sub-chaves são geradas. Na Figura 1(b) é possível observar o funcionamento da cifra. Cabe ressaltar que todas as

rodadas do Serpent possuem o mesmo conjunto de operações, com exceção da última, onde a operação Linear Transformation é substituída por Key Mixing, o que explica a necessidade da utilização de uma sub-chave extra durante a última iteração.

Abaixo são descritas as etapas do Serpent: Initial Permutation (IP): utiliza um vetor de 128 posições. O valor de cada elemento do vetor indica a posição do bit no bloco submetido a IP e a posição deste elemento no vetor indica a nova posição do bit no bloco de saída.

Key Mixing: a sub-chave da rodada é combinada com a saída da rodada anterior através da operação Ou-Exclusivo.

Pass Through S-Box: o Serpent utiliza um conjunto de 8 S-Boxes, sendo cada uma delas utilizada em uma rodada. A cada rodada, 32 cópias da S-Box são aplicadas paralelamente a conjuntos de quatro bits vindos da operação anterior de Key Mixing.

Linear Transformation: nesta operação, cada uma das 4 palavras ( $X_0; X_1; X_2; X_3$ ) de 32 bits geradas na operação anterior passam pela seguinte transformação:

$$\begin{aligned}
 X_0; X_1; X_2; X_3 &:= S_i(B_i \oplus K_i) \\
 X_0 &:= X_0 \lll 13 \\
 X_2 &:= X_2 \lll 3 \\
 X_1 &:= X_1 \oplus X_0 \oplus X_2 \\
 X_3 &:= X_3 \oplus X_2 \oplus (X_0 \ll 3) \\
 X_1 &:= X_1 \lll 1 \\
 X_3 &:= X_3 \lll 7 \\
 X_0 &:= X_0 \oplus X_1 \oplus X_3 \\
 X_2 &:= X_2 \oplus X_3 \oplus (X_1 \ll 7) \\
 X_0 &:= X_0 \lll 5 \\
 X_2 &:= X_2 \lll 22 \\
 B_{i+1} &:= X_0; X_1; X_2; X_3
 \end{aligned}$$

Onde:

\_ <<< é uma operação de rotação à esquerda realizada sobre os bits de  $X_n$ .

\_ << é uma operação de mudança (shift) similar à de rotação, onde os bits mais significativos são excluídos durante a rotação e zeros são inseridos nos bits menos significativos.

Final Permutation (FP): esta operação é a operação inversa da Permutação Inicial (IP).

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Um dos questionamentos levantados por [Johannesen 2014] é se algum kit de desenvolvimento de microcontrolador, como o Arduino, seria poderoso o suficiente para atuar como um módulo criptográfico. Para responder a esta pergunta, o autor procurou testar a performance do AES quando executado em uma placa Arduino Due. Os resultados encontrados levaram a conclusão de que o sistema é capaz de prover segurança suficiente para o problema em questão, mas que, no entanto, as limitações de hardware do Arduino tornam o sistema proposto inviável para encriptação de grande quantidade de dados.

O estudo realizado por [Fr'ala and Hromada 2014], por sua vez, compara 6 diferentes algoritmos de chave simétrica com o objetivo de determinar qual seria o melhor deles para uso em um microprocessador AVR de 8 bits. Neste estudo é utilizado uma placa Arduino Nano e são testados 6 algoritmos, sendo 3 cifras de bloco: AES, DES e Present; e 3 cifras de fluxo: Grain, Trivium e Mickey. Os critérios levados em consideração para a escolha do melhor deles foram: velocidade de encriptação, tempo de inicialização da cifra, volume de texto cifrado transmitido com tag e consumo de SRAM. Os resultados obtidos mostraram que o AES era o algoritmo mais rápido, o que surpreendeu os autores, já que cifras de fluxo, são geralmente mais rápidas que cifras de bloco. Os autores acreditam que isto pode ter ocorrido por conta da biblioteca utilizada nos testes, a AVR Crypto Library<sup>1</sup>, que talvez possuísse uma melhor implementação do AES, já que ele é o mais difundido dos algoritmos testados.

Já em [Hyncica et al. 2011] são testados quinze algoritmos de chave simétrica em três diferentes microcontroladores, dentre eles um Atmel ATmega de 8 bits. Todos os testes foram realizados utilizando o modo ECB, pelo fato dele não trazer nenhum overhead adicional ao algoritmo. Foram considerados o tempo para cifrar, o throughput, e os requisitos de memória do algoritmo. Os resultados dos testes mostraram que os algoritmos

AES, Twofish e SAFER possuíam o melhor throughput de encriptação. Os autores concluem, ainda, que pelo fato da biblioteca de algoritmos utilizada ser de propósito geral e destinada a plataformas de 32 bits, ela não oferece o mesmo desempenho que é entregue por bibliotecas especializadas, mas, mesmo assim, é possível utilizá-la em plataformas de 16 ou 8 bits.

Para a realização deste trabalho havia a possibilidade de se utilizar alguma biblioteca de algoritmos criptográficos criada especificamente para microcontroladores AVR de 8 bits, que são os utilizados em placas Arduino, tal como a bibliotecas AVR Crypto Library, que foi usada por [Fr'ala and Hromada

2014] em seu estudo. Como foi destacado por [Hyncica et al. 2011], devido ao fato de serem desenvolvidas especificamente para uma determinada plataforma, essas bibliotecas tendem a obter um desempenho superior ao de bibliotecas de propósito geral para plataformas de 32 bits.

Por esse motivo, optamos pela implementação original do Rijndael<sup>2</sup> e do Serpent<sup>3</sup> fornecidas pelos próprios autores á época da realização do concurso do AES, uma vez que essas implementações, embora não ofereçam o melhor desempenho possível para a plataforma onde os testes foram realizados, apresentam como ponto favorável o fato de que nenhum dos algoritmos será prejudicado na análise por conta do uso de implementação otimizada, visto que não encontrou-se na literatura bibliotecas otimizadas do Serpent para o Arduino. Além disso, optou-se pela utilização do modo ECB por não adicionar nenhum overhead ao algoritmo, conforme observado por [Hyncica et al. 2011].

#### 4. METODOLOGIA

Nos experimentos foi utilizada a placa Arduino Mega 2560 (baseada no microcontrolador ATmega2560) conectada a um Módulo Cartão SD e alimentada via USB, através de um medidor USB de consumo de energia. Seu poder computacional é de 16MHz de Clock; 8KBytes de SRAM; 256KBytes de espaço de armazenamento. A escolha do Arduino Mega deu-se pela insuficiência de memória SRAM na placa Arduino Uno (2KBytes) para suportar os algoritmos originais Rijndael e Serpent propostos por seus autores ao concurso AES. A placa Arduino Uno teve sua capacidade excedida em 88% para carregar o algoritmo Serpent e em 165% para carregar o Rijndael.

A avaliação de desempenho entre os algoritmos considerou as seguintes métricas: tempo de processamento, ciclos de clock, uso de memória SRAM, uso de memória de armazenamento, e consumo de energia. Buscou-se comparar os algoritmos e identificar em quais tipos de aplicação, levando em consideração requisitos e limitações, cada algoritmo é mais indicado. Os experimentos consistiram na utilização dos algoritmos sobre diferentes massas de dados em diferentes locais de armazenamento.

A primeira fase dos experimentos submeteu aos algoritmos conjuntos de dados carregados em memória SRAM e a segunda fase submeteu aos algoritmos conjuntos de dados armazenados em um SD Card. Em ambas as fases, cada um dos indicadores foi analisado tanto para cifrar, quanto para decifrar. Abaixo segue a descrição dos experimentos realizados:

Armazenamento: avalia o consumo de espaço de armazenamento, leva em consideração as informações retornadas pelo compilador avr-gcc ao término da compilação para a placa.

Ciclos: avalia os ciclos de clock necessários, foi utilizado o contador de clocks que se inicia quando a placa é ativada. A medição foi feita calculando a diferença entre a leitura feita no início e no final da execução do algoritmo.

Energia: avalia o consumo de energia através de um dispositivo externo que mensura corrente (amperes), tensão (volts), tempo (minutos) e consumo durante o tempo decorrido (mAh).

Memória: avalia o consumo de memória SRAM considerando-se a soma da memória consumida na stack e a heap durante a execução ininterrupta do algoritmo em questão.

Tempo: avalia o tempo gasto através da diferença entre o *timestamp* registrado no fim da execução do algoritmo e o *timestamp* registrado no início da execução.

## 5. RESULTADOS

No que se refere aos resultados dos testes para analisar a quantidade de ciclos de clock necessários para a execução dos algoritmos, observou-se que a quantidade de ciclos gastos pelo Rijndael para criptografar foi no mínimo 103 vezes menor em SRAM e 5701 vezes menor em SD que o Serpent. Já para de criptografar ele foi 92 vezes menor em SRAM e 11395 vezes menor em SD. Esse resultado nos permite inferir que o Rijndael se mostra mais viável para aplicações que demandam um menor consumo de processamento. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos neste experimento.

No experimento de tempo de processamento o Rijndael gastou um tempo pelo menos 95 vezes menor em SRAM e 36329 vezes menor em SD que o Serpent para criptografar. Enquanto para de criptografar ele levou um tempo 82 vezes menor em SRAM e 34115 vezes menor em SD. O que demonstra que o Rijndael é mais apropriado para projetos que necessitem de maior performance e desempenho. A Tabela 3 apresenta os resultados das aferições dos tempos de execução dos algoritmos em cada cenário proposto.

Tabela 2. Ciclos de Clock gastos para processamento dos dados

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SRAM					
Massa de dados	16Bytes	32Bytes	64Bytes	128Bytes	256Bytes
RIJNDAEL - Cifrar	57.984	65.920	81.728	113.472	176.448
RIJNDAEL - Decifrar	65.472	73.216	89.472	121.472	184.512
SERPENT - Cifrar	18.197.760	18.191.360	18.193.280	18.197.184	18.204.992
SERPENT - Decifrar	17.091.328	17.084.608	17.086.656	17.090.624	17.098.560

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SD		
Massa de dados	1024Bytes	2048Bytes
RIJNDAEL - Cifrar	189.760	191.488
RIJNDAEL - Decifrar	190.272	191.616
SERPENT - Cifrar	1.162.666.368	1.091.857.664
SERPENT - Decifrar	2.325.140.288	2.183.513.536

Tabela 3. Milisegundos gastos para o processamento dos dados

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SRAM					
Massa de dados	16Bytes	32Bytes	64Bytes	128Bytes	256Bytes
RIJNDAEL - Cifrar	4	5	6	8	12
RIJNDAEL - Decifrar	5	6	7	8	13
SERPENT - Cifrar	1.138	1.136	1.137	1.138	1.139
SERPENT - Decifrar	1.068	1.068	1.068	1.068	1.069

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SD				
Massa de dados	1024Bytes	2048Bytes	4096Bytes	8192Bytes
RIJNDAEL - Cifrar	12	13	13	16
RIJNDAEL - Decifrar	12	13	13	16
SERPENT - Cifrar	72.667	145.320	290.638	581.267
SERPENT - Decifrar	68.241	136.470	272.933	545.855

No que diz respeito aos ensaios para verificação do consumo de memória SRAM pelos algoritmos durante sua execução, foi observado que o Rijndael chega a consumir até 93,16% da memória disponível, enquanto no pior dos casos o Serpent consome 61,42% quando os dados são alocados em SRAM. Já quando os dados estão em SD, enquanto o Serpent consome 57,73% da memória no pior dos casos, o Rijndael consome até 89,44%.

Esse fato torna o Serpent mais apropriado em projetos que trabalhem com quantidade limitada de memória. Na Tabela 4 são apresentados os resultados do experimento.

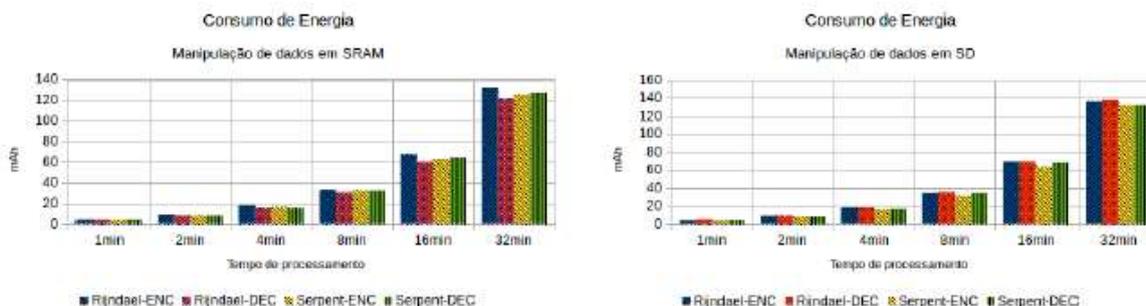
Tabela 4. Consumo de bytes da memória SRAM para processar os dados

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SRAM						
Massa de dados	16Bytes	32Bytes	64Bytes	128Bytes	256Bytes	512Bytes
RIJNDAEL - Cifrar	5.616	5.648	5.712	5.840	6.096	6.608
RIJNDAEL - Decifrar	6.640	6.672	6.736	6.864	7.120	7.632
SERPENT - Cifrar	4.040	4.072	4.136	4.264	4.520	5.032
SERPENT - Decifrar	4.040	4.072	4.136	4.264	4.520	5.032

MANIPULAÇÃO DE DADOS EM SD						
Massa de dados	1KBytes	2KBytes	4KBytes	8KBytes	16KBytes	32KBytes
RIJNDAEL - Cifrar	6.303	6.303	6.303	6.303	6.303	6.303
RIJNDAEL - Decifrar	7.327	7.327	7.327	7.327	7.327	7.327
SERPENT - Cifrar	4.727	4.727	4.727	4.727	4.729	4.729
SERPENT - Decifrar	4.727	4.727	4.727	4.727	4.729	4.729

Analisando-se os resultados dos testes do consumo energético da placa Arduino Mega 2560 durante a execução dos algoritmos, verificou-se que o Serpent apresentou



(a) Consumo de energia durante manipulação de dados em SRAM. (b) Consumo de energia durante manipulação de dados em SD.

Figura 2. Consumo de Energia

um consumo de energia inferior ao Rijndael no mesmo período de tempo. A Figura 2 apresenta os resultados das observações nos intervalos propostos.

No entanto, ao considerarmos a quantidade de blocos processados pelos algoritmos no mesmo período de tempo, podemos chegar a uma conclusão diferente da que considera apenas o tempo de execução. Para obtermos o valor efetivo do gasto energético de cada algoritmo foram utilizadas as Equações 1 e 2:

$$bloco_{mAh} = \frac{\frac{1000}{bloco_{ms}} \cdot 60}{mAh_{min}} \quad (1)$$

$$mAh_{bloco} = \frac{mAh_{min}}{\frac{1000}{bloco_{ms}} \cdot 60} \quad (2)$$

Sendo:

$\text{bloco}_{\text{mAh}}$  : quantidade de blocos (128 bits) processados por mAh;

$\text{mAh}_{\text{bloco}}$  : quantidade de mAh consumidos pela operação sobre 1 bloco;

$\text{bloco}_{\text{ms}}$  : quantidade de milissegundos que o algoritmo leva para operar sobre 1 bloco;

$\text{mAh}_{\text{min}}$  : quantidade de mAh consumidos pelo algoritmo em 1min de execução.

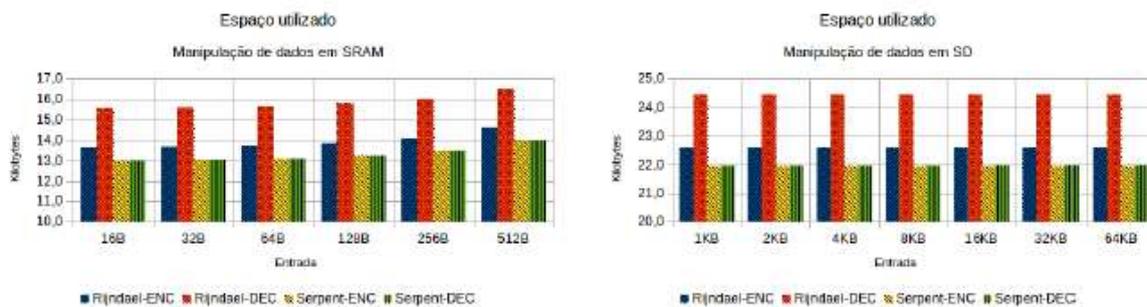
Para aplicar a equação, utilizou-se os dados obtidos nos experimentos de tempo associados as observações de consumo energético. A Tabela 5 apresenta os resultados da aplicação da fórmula sobre as informações referente a um bloco. Com esses dados è possível verificar que o Rijndael consegue realizar 288 vezes mais operações por mAh que o Serpent durante a criptografia, e 214 vezes mais durante a deciptografia. Com isso, pode-se concluir que o Rijndael é o mais adequado quando se possui limitações de energia ou se deseja ter um baixo consumo energético.

**Tabela 5. Consumo de energia em relação a quantidade de blocos operados.**

Algoritmo	Operação	mAh por bloco	blocos por mAh
Rijndael	Cifrar	0,0002666667	3750
	Decifrar	0,0003333333	3000
Serpent	Cifrar	0,0758666667	13
	Decifrar	0,0712000000	14

Flash para embarcar os algoritmos, o Serpent mostrou-se mais otimizado, com o algoritmo de criptografia sendo aproximadamente 5% menor que o Rijndael e o de deciptografia em torno de 16% menor. Isso confere ao Serpent maior viabilidade em projetos que necessitam de espaço de armazenamento para embarcar outros algoritmos que consomem um espaço significativo. Nas figuras 3(a) 3(b) são apresentados os resultados obtidos pelo experimento nas configurações propostas por este trabalho.

Em todos os experimentos, foi implementada cada uma das operações (cifrar e decifrar) individualmente, uma vez que, não há memória SRAM suficiente na placa Arduino Mega 2560 para embarcar simultaneamente as operações de cifrar e decifrar do Rijndael, uma vez que as variáveis globais utilizadas pelo algoritmos excedem o limite de 8 Kbytes da placa. No caso do Serpent, isso foi possível, mas, para manter o padrão, somente uma operação foi mantida durante a realização do experimento.



(a) Espaço de armazenamento utilizado durante manipulação de dados em SRAM. (b) Espaço de armazenamento utilizado durante manipulação de dados em SD.

**Figura 3. Espaço de armazenamento utilizado**

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma comparação entre dois algoritmos robustos e reconhecidamente seguros de criptografia simétrica, que permitem o uso de chave de 256 bits, em suas versões originais submetidas ao concurso AES, embarcados em um Arduino Mega 2560, disponível no GitHub<sup>4</sup>. Essa placa foi escolhida dado que o Arduino Uno teve sua capacidade excedida em mais de 80% para carregar o Serpent e mais de 160% para carregar o Rijndael. É importante ressaltar que o espaço de memória SRAM ocupado pelas variáveis globais utilizadas pelo Rijndael impede que as operações de cifrar e decifrar sejam embarcadas simultaneamente no Arduino Mega 2560 utilizado nos experimentos.

Além disso, mesmo quando apenas uma das operações é embarcada o espaço restante pode não comportar outros algoritmos relacionados à aplicação em questão.

Esta comparação pode ser utilizada como apoio à tomada de decisão na escolha do algoritmo que melhor se aplica aos cenários em que é necessário armazenar ou trocar informações sensíveis entre dispositivos de IoT. Vale ressaltar que optamos pela implementação original do Rijndael e do Serpent fornecidas pelos próprios autores à época da realização do concurso AES para que nenhum dos algoritmos fosse prejudicado na análise por conta do uso de implementação otimizada, visto que não se encontrou na literatura bibliotecas otimizadas do Serpent para o Arduino.

O comparativo realizado levou em consideração aspectos relacionados ao desempenho e ao consumo de recursos por parte desses algoritmos, sendo eles: 1) tempo necessário para cifrar/decifrar uma mensagem; 2) quantidade de ciclos de clock utilizados para cifrar/decifrar; 3) consumo de memória SRAM; 4) consumo de energia; 5) espaço de armazenamento necessário para embarcar os algoritmos.

Com os resultados obtidos, conclui-se que: o Rijndael é mais apropriado quando há demanda por um algoritmo que seja rápido e possua baixo consumo energético; já o Serpent é indicado para aplicações onde há restrições relacionadas ao uso de memória e espaço de armazenamento.

Como trabalhos futuros pode-se comparar os demais finalistas do concurso AES: RC6, Twofish e MARS. É possível também realizar a otimização dos códigos originais utilizados, a fim de obter-se um melhor desempenho dos algoritmos em plataformas para IoT, possibilitando inclusive que os mesmos possam ser embarcados em plataformas que possuam ainda mais restrições de recursos do que a utilizada neste trabalho. Além disso, existe a possibilidade de se realizar os experimentos utilizando outros dispositivos além da plataforma Arduino, como, por exemplo, microcontroladores PIC.

## REFERÊNCIAS

Atzori, L., Iera, A., and Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15):2787 – 2805.

Daemen, J. and Rijmen, V. (1999). AES proposal: Rijndael.

Frťala, T. and Hromada, V. (2014). Lightweight cryptography with AVR 8-bit microprocessor in remote controlling. 16 th ELITECH '14 Conference of Doctoral Students

Faculty of Electrical Engineering and Information Technology.

Hyncica, O., Kucera, P., Honzik, P., and Fiedler, P. (2011). Performance evaluation of symmetric cryptography in embedded systems. In *Intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th international conference on*, volume 1, pages 277–282. IEEE.

Jing, Q., Vasilakos, A. V., Wan, J., Lu, J., and Qiu, D. (2014). Security of the internet of things: Perspectives and challenges. *Wireless Networks*, 20(8):2481–2501.

Johannesen, S. T. (2014). Cryptoprocessing on the Arduino-Protecting user data using affordable microcontroller development kits. Master's thesis, NTNU.

Knudsen, R. A. E. B. L. (1998). Serpent: A proposal for the advanced encryption standard. In *First Advanced Encryption Standard (AES) Conference*, Ventura, CA.

Nechvatal, J., Barker, E., Bassham, L., Burr, W., Dworkin, M., Foti, J., and Roback, E. (2001). Report on the development of the Advanced Encryption Standard (AES).

*Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 106(3):511.

Roman, R., Zhou, J., and Lopez, J. (2013). On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. *Computer Networks*, 57(10):2266 – 2279.

Zhang, Z.-K., Cho, M. C. Y., Wang, C.-W., Hsu, C.-W., Chen, C.-K., and Shieh, S. (2014). IoT security: ongoing challenges and research opportunities. In *Service-Oriented*

*Computing and Applications (SOCA), 2014 IEEE 7th International Conference on*, pages 230–234. IEEE.

## NOTAS

<https://wiki.das-labor.org/w/AVR-Crypto-Lib/en>

Nota 2

<http://www.efgh.com/software/rijndael.htm>

Nota 3

<http://www.cl.cam.ac.uk/~rja14/serpent.html>

Nota 4

<https://github.com/octaviovieira/Ptolemy-XV>